



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA DE ENDEREZADO DE  
TUBOS EN ALEACIONES ESPECIALES

Alumno: Ioseba Fernández Apesteguía

Tutor: Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Junio de 2012

## INDICE

1. Introducción.....	5
1.1. Enderezado y necesidad del mismo.....	5
1.2. Tipos de enderezado.....	8
1.3. Máquinas de enderezado .....	8
2. Objetivos.....	11
3. Recopilación de datos .....	13
3.1. Grupo SCHMIDT CLEMENS .....	13
3.1.1. General.....	13
3.1.2. Historia .....	13
3.1.3. Organigrama .....	14
3.1.4. SCHMIDT CLEMENS en el mundo.....	15
3.1.5. Capacidad y mercado.....	15
3.1.6. Productos elaborados.....	16
3.1.7. Materiales S+C .....	18
3.1.7.1.G 4852 Micro .....	20
3.1.7.2.G4879 Micro .....	21
3.1.7.3.60 HT D .....	23
3.1.7.4.ET 45 Micro .....	24
3.1.8. SCHMIDT CLEMENS SPAIN .....	26
3.2. Lay-out de la empresa .....	27
3.2.1. Plano de situación.....	27
3.2.2. Plano de emplazamiento.....	27
3.2.3. Lay-out exterior de S+C Spain .....	28
3.2.4. Lay-out de la nave industrial S+C Spain .....	29
3.2.5. Plano de situación de la maquinaria exterior.....	29
3.2.6. Plano de situación de la maquinaria .....	30
3.3. Lay-out del puesto de enderezado .....	30
3.3.1. Elaboración.....	30
3.3.2. Partes .....	31
3.3.3. Planos .....	33
3.4. Descripción física de la máquina enderezadora de tubos.....	33



3.4.1. Historia .....	33
3.4.2. Componentes .....	34
3.4.3. Planos .....	35
3.5. Procedimiento de enderezados .....	39
3.6. Problemas y posibles soluciones .....	42
3.6.1. Problemas existentes .....	42
3.6.2. Posibles soluciones .....	43
4. Teoría de enderezado .....	45
4.1. Curva tensión vs deformación .....	45
4.2. Modelo de flexión .....	46
4.2.1. Caso general .....	46
4.2.2. Carga puntual en el centro .....	50
4.3. Flecha máxima elástica y de rotura .....	51
4.4. Deformación plástica .....	52
5. Nueva propuesta .....	54
5.1. Funciones de la máquina .....	54
5.2. Mercado actual .....	54
5.2.1. Requerimientos del producto .....	54
5.2.2. Máquinas disponibles en el mercado .....	55
5.3. Carencias de las máquinas existentes .....	60
5.3.1. Necesidades especiales derivadas del producto .....	61
5.3.2. Necesidades especiales derivadas de los objetivos productivos .....	61
5.4. Diseño de la máquina .....	62
5.4.1. Descripción de la máquina actual .....	62
5.4.2. Problemas y limitaciones .....	68
5.4.3. Modificaciones necesarias (Hardware) .....	69
5.4.4. Automatismos .....	70
5.4.4.1. Electrónica y software .....	71
5.4.4.2. Sistemas de control .....	88
5.5. Primeros diseños .....	90
5.5.1. Diseño 1 .....	103
5.5.2. Diseño 2 .....	105
5.6. Análisis preliminar .....	108
5.7. Rediseño y optimización .....	109
5.8. Validación del diseño final .....	113

6. Análisis de resultados .....	117
6.1. Recopilación de datos en función de pedidos, calidades, dimensiones.....	117
6.1.1. Por pedidos.....	117
6.1.2. Por calidades.....	118
6.1.3. Por dimensiones.....	118
6.2. Clasificación, elaboración e inserción de gráficos al programa.....	119
6.2.1. Clasificación de gráficos .....	119
6.2.2. Elaboración de gráficos .....	120
6.2.3. Gráficos elaborados .....	122
6.2.3.1.Gráficos únicos para cada pedido.....	122
6.2.3.2.Gráficos separados por intervalos de curvatura inicial.....	124
6.3. Evolución de resultados esperable en la máquina como sistema productivo ..	127
6.3.1. Punto de vista de las instalaciones.....	127
6.3.2. Productividad de la máquina .....	128
6.3.3. Mejora total anual.....	129
7. Técnica y tecnología utilizada .....	130
7.1. Detectores de medida láser: LK-2500 Series .....	130
7.1.1. Fundamentos principales y posibles aplicaciones .....	134
7.1.2. Características y funciones diseñadas para un entorno real de fábrica .	135
7.1.3. Aplicaciones .....	137
7.1.4. Dimensiones .....	140
7.2. Láser de medición de diámetros: LAP METIS .....	141
7.3. Marcado automático: Sistema Spray REA JET BLOCK-7.....	144
7.3.1. Objetivos .....	144
7.3.2. Alternativas estudiadas .....	144
7.3.2.1.EBS-250C .....	144
7.3.2.2.REA JET SERIE .....	147
7.3.2.3.REA JET ST .....	149
7.3.3. Alternativa elegida: Sistema Spray REA JET BLOCK-7 .....	151
7.3.3.1.Alternativa elegida: Sistema Spray REA JET BLOCK-7 .....	151
7.3.3.2.Características .....	151
7.3.3.3.Aplicaciones .....	154
7.3.3.4.Componentes .....	155
7.4. Autómata utilizado: SIEMENS .....	160
7.4.1. PLC: “Programmable Logic Controller” .....	160

7.4.2. Pantalla .....	167
7.4.2.1. Características .....	167
7.4.2.2. Datos técnicos .....	168
7.4.2.3. Pantallas diseñadas .....	173
7.4.3. Programación realizada .....	177
7.5. Diagrama eléctrico .....	178
8. Presupuesto y rentabilidad del proyecto .....	179
8.1. Presupuesto .....	179
8.1.1. Presupuesto de marcado automático .....	179
8.1.2. Presupuesto de la fabricación de un banco .....	180
8.1.3. Presupuesto del sistema de medición láser de diámetros .....	180
8.1.4. Presupuesto de la automatización de proceso de enderezado .....	181
8.1.5. Presupuesto total .....	183
8.2. Rentabilidad económica .....	183
8.2.1. Inversiones .....	183
8.2.2. Costes de operación .....	184
8.2.3. Rentabilidad por aumento de capacidad .....	185
8.2.4. Amortizaciones base piezas/año .....	186
8.2.5. Beneficio total anual .....	186
9. Conclusiones .....	187
9.1. Cambios en la producción .....	187
9.1.1. Aumento de la capacidad de producción .....	187
9.1.2. Mejora de la productividad .....	188
9.2. Futuros desarrollos derivados de esta implantación .....	190
10. Bibliografía.....	191

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Enderezado y necesidad del mismo.

Según la RAE enderezar significa poner derecho o vertical lo que esta torcido o inclinado. Por tanto, el proceso de enderezado se puede definir como la acción que permite distorsionar o rectificar la geometría de un elemento con el fin de conseguir adecuarla a los requerimientos de construcción o ejecución reduciendo al máximo la curvatura presentada principalmente en cuerpos esbeltos.

Cuando un cuerpo es sometido a fuerzas externas éste sufrirá cambios en su tamaño y/o forma. Antes de introducirse en el proceso de enderezado, se van a definir algunos conceptos relacionados con la elasticidad y resistencia de los materiales:

- Deformación: Son los cambios en la forma en las dimensiones originales de un cuerpo o elemento, cuando se le somete a la acción de una fuerza. Todo material cambia de tamaño y de forma al ser sometido a carga.
- Elasticidad: Es la propiedad mecánica de ciertos materiales que le permiten regresar a su tamaño y formas originales al suprimir la carga a la que estaba sometido, es decir, de sufrir deformaciones reversibles cuando están sometidos a carga. Esta propiedad varía mucho en los diferentes materiales que existen. Para ciertos materiales existe un esfuerzo unitario más allá del cual, el material no recupera sus dimensiones originales al suprimir la carga. A este esfuerzo unitario se le conoce como Límite elástico.
- Plasticidad: Es la propiedad mecánica de ciertos materiales de deformarse permanente e irreversiblemente cuando se encuentra sometido a tensiones superiores a su límite elástico.
- Rigidez: capacidad de un elemento o de un objeto de resistir a una deformación elástica por efecto de una tensión.
- Límite de proporcionalidad: Es la tensión máxima hasta la cual un material es deformado temporalmente de acuerdo con la ley de Hooke. En el dibujo es representado mediante el segmento rectilíneo, de donde se deduce la tan conocida relación de proporcionalidad entre la tensión y la deformación enunciada por Robert Hooke. Cabe resaltar que más allá del este límite la deformación deja de ser proporcional a la tensión.
- Límite elástico: Es la tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. En general, un material sometido a tensiones inferiores a su límite de elasticidad es deformado temporal y reversiblemente mientras las fuerzas estén actuando sobre él. En cambio, si se aplican tensiones superiores a este límite, el material experimentará deformaciones permanentes y no recuperará su forma original al retirar las cargas, por lo que tendrá un comportamiento plástico. Si las tensiones ejercidas

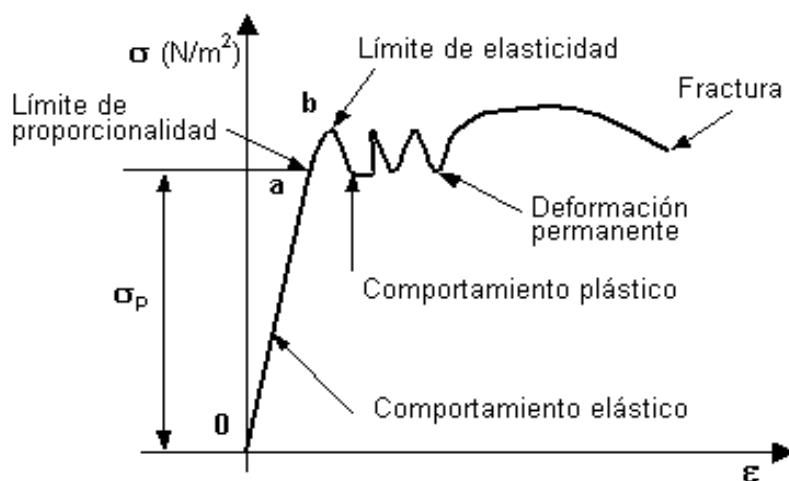
continúan aumentando una vez alcanzado el comportamiento plástico, el material podría alcanzar su punto de fractura. El límite elástico, por tanto, marca el paso entre el comportamiento elástico y el plástico de un material.

Una vez definidos estos conceptos básicos se pasará a explicar la Ley de Hooke. Esta ley física define el comportamiento elástico de un cuerpo expresando que la deformación unitaria que experimenta un elemento sometido a una carga externa es directamente proporcional a ésta según el módulo de Young.

En el año 1678, Robert Hooke enuncia la ley de que el esfuerzo es proporcional a la deformación. Pero fue Thomas Young, en el año 1807, quien introdujo la expresión matemática con una constante de proporcionalidad que se llama Módulo de Young.

$$\delta = E \cdot \epsilon$$

en donde  $\delta$ : es el esfuerzo  
 $\epsilon$ : es la deformación unitaria



*Curva tensión vs deformación.*

En el proceso de enderezado se deberá producir la flexión del material. Esta flexión debe ser lo suficientemente elevada para conseguir sobrepasar el límite elástico del material. Al sobrepasar este límite se obtienen deformaciones plásticas, por lo que al dejar de actuar con el instrumento de enderezado el producto no volverá a su posición inicial. En el caso estudiado, el instrumento de enderezado que producirá la flexión del material será un pistón hidráulico que trabaja a una presión máxima de 80 bares aproximadamente.

El proceso definido es necesario en muchas de las aplicaciones industriales existentes en la actualidad debido a las exigencias en las utilidades del producto. Por otra parte, el enderezado puede ser obligatorio por petición del cliente.

En nuestro caso concreto, es decir, en la producción de tubos metálicos de aleaciones especiales destinados a empresas petroquímicas, el enderezado es necesario debido a tres razones principalmente:

- A las exigencias del cliente.
- A las exigencias en las utilidades del producto.
- A los posteriores procesos de mecanizado.

De estas tres razones principales, las dos primeras vienen impuestas por el cliente, es decir, vienen impuestas desde organizaciones exteriores a la empresa; mientras que la última de ellas es exigida por la propia empresa para que así puedan desarrollarse los procesos posteriores de mecanizado como el torneado y el barrenado sin problemas. Además la mayor precisión es exigida por esta tercera y última razón, por lo cual cumpliendo ésta, las dos anteriores serán cumplidas con creces.

Por tanto, para poder obtener un producto de primera calidad tras el mecanizado, el producto bruto además de tener unas buenas propiedades (calidad, composición, control dimensional, etc.) debe estar lo suficientemente enderezado. De esta manera las máquinas de mecanizado (tornos y barrenadoras de CNC principalmente) podrán trabajar de manera óptima y sin problemas; y el producto neto alcanzado no poseerá características no deseadas como deformaciones, excentricidades, desigualdades, etc. Donde observaremos si los tubos fabricados poseen algunas de las características indeseadas será en el posterior control dimensional que se realiza tras el mecanizado. Por otra parte los principales problemas que pueden aparecer en las máquinas de mecanizado surgirán principalmente en las máquinas de barrenado y se revelarán “insitu” en los puestos de mecanizado con rotura de plaquitas, tiempos excesivos de barrenado, etc.

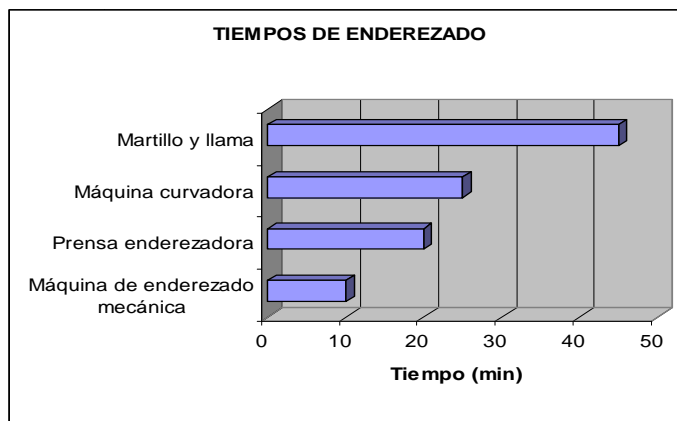
A veces, aunque no suele ser muy común, los tubos fabricados en nuestra empresa deben ser enderezados tras haber sido mecanizados ya que los procesos de mecanización han vuelto a curvar los tubos. Esto se realiza principalmente cuando los tubos van mecanizados por el exterior. La operación de mecanizado exterior suele elaborarse en otras empresas ajenas a la nuestra. Por lo que tanto la empresa ajena como la operación requieren mayor precisión en el enderezado que el mecanizado interior realizado en SCHMIDT CLEMENS SPAIN.

## 1.2 Tipos de enderezado.

En primer lugar se puede clasificar el enderezado en función de la temperatura de trabajo, pudiendo diferenciar así entre enderezado en caliente y en frío. Como su propio nombre indica el enderezado en caliente es aquel que se realiza cuando el producto posee temperaturas elevadas y el enderezado en frío será el realizado cuando el producto posee la temperatura ambiente aproximadamente.

En un proceso de enderezado podemos distinguir dos tipos principalmente en función del método utilizado para alcanzar la flexión necesaria producida en el proceso. Los dos métodos utilizados son: a través de golpes o mediante mecanismos que apliquen una tensión mecánica al producto. En el primero de ellos, los golpes exigidos pueden crearse de manera manual o eléctrica. Mientras que en el caso de mecanismos que aplican una tensión mecánica al producto podemos enumerar aquellas como prensas plegadoras, máquinas mecánicas con cilindros o herramientas similares.

En nuestro caso el proceso llevado a cabo por la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN es un enderezado en frío, ya que los tubos son enfriados en cubas de agua tras su centrifugado. Y el mecanismo que aplica una tensión mecánica a los tubos, en nuestro caso, es una prensa o pistón hidráulico que normalmente trabaja con una presión máxima de 80 bares aproximadamente.



*Tiempos medios de los diferentes procesos de enderezado.*

## 1.3 Máquinas de enderezado.

Tal y como es de esperar, es imposible fabricar un producto perfectamente recto, por muy bien diseñado que este sobre el papel, o por mucho cuidado que se ponga en su proceso de fabricación. Por tanto, como ya se ha comentado, el proceso de

enderezado es, en la mayoría de las veces, necesario. Siendo necesario así, el empleo de dispositivos que permitan enderezar el producto de una manera rápida, precisa y económica. Tales dispositivos serán las llamadas máquinas de enderezado.

Por tanto, en este apartado se van a clasificar los principales dispositivos existentes en los procesos de fabricación. Fundamentalmente existen tres tipos de máquinas de enderezado, las cuales son: con martillo y llama, prensas enderezadoras y máquina de enderezado mecánica mediante rodillos.

### 1.3.1 Martillo y llama.

Se comenzará nombrando la técnica de enderezado más sencilla, es decir, con martillo y llama, la cual en lugar de una máquina podría considerarse una herramienta. Principalmente consiste en calentar con la llama el producto en el punto donde se desea deformar, y una vez que está lo suficientemente caliente se golpea con un martillo para así conseguir la deformación deseada.

Esta técnica está actualmente en desuso debido a su precariedad, aunque antiguamente ha sido llevada a cabo en herrerías durante muchos siglos. Por tanto, no tiene interés en nuestro estudio.

### 1.3.2 Máquinas de enderezado mediante rodillos.

Las máquinas de enderezado mediante rodillos tienen aplicaciones para productos que no presenten grandes dificultades en su deformación. De esta manera este tipo de máquinas serán adecuadas para materiales que presenten una rigidez relativamente baja (aluminio, cobre, plata, etc.) y con espesores de producto pequeños. Además puede ser utilizada en geometrías cilíndricas y planas fundamentalmente.

Esta técnica consiste en introducir el producto entre los nombrados rodillos y con el paso del producto a través de los rodillos se consigue la deformación deseada mediante compresión. Para el control de la deformación, los rodillos serán móviles y ajustables, con lo cual se podrá variar la distancia existente entre ellos. De esta forma, al disminuir la distancia entre los rodillos, se logrará una mayor compresión, lo que conlleva a una mayor deformación. Con este tipo de dispositivos, el enderezado también puede hacerse en más de una fase en lugar de realizarse de una sola pasada.



Este tipo de máquinas no tiene interés en nuestro estudio porque el producto utilizado presenta una gran rigidez y puede llegar a tener grandes dimensiones.



*Rodillos de una enderezadora.*

### 1.3.3 Prensas enderezadoras.

Por último, se mencionarán las prensas enderezadoras, que son las más interesantes en éste documento ya que la enderezadora a automatizar entra dentro de este tipo. Este tipo de máquinas consta fundamentalmente de varios apoyos horizontales y una prensa o pistón. El funcionamiento consiste en que el pistón transversal aplica una fuerza hidráulica al área torcida consiguiendo el enderezado del producto. Ante la variedad de tamaños que pueden presentar las prensas o pistones, este tipo de máquinas de enderezado tienen infinitas aplicaciones, independientemente del material del producto o las dimensiones del mismo.



*Prensa enderezadora hidráulica.*

*Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.*

## 2. OBJETIVOS

El objeto de este Proyecto Fin de Carrera es la automatización de una máquina de enderezado perteneciente a la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN.

Una máquina de enderezado, como bien dice su nombre, sirve para enderezar en este caso tubos metálicos de aleaciones especiales. En nuestro caso, la operación de enderezar un tubo consiste en conseguir que este gire sin ocasionar esfuerzos no deseados debidos a imperfecciones de fabricación. Estos esfuerzos podrían hacer que se obtenga un producto con características no deseadas como pueden ser excentricidades, desigualdades, deformaciones, etc. La manera de enderezar un tubo consiste en cuantificar la curvatura, localizarla y eliminarla mediante el accionamiento de un pistón hidráulico.

El principal objetivo de este Proyecto Fin de Carrera, como su propio título indica, es la automatización de un puesto de trabajo. El puesto en cuestión es de enderezado de tubos de aleaciones especiales. Con ello, no se pretende prescindir de un operario para la colocación de una máquina que realice el mismo trabajo, sino lo que se pretende es facilitar y garantizar la realización de un buen trabajo.

Ante este tipo de trabajos pueden aparecer ciertas cuestiones problemáticas para la empresa. Estos problemas que pueden surgir son tanto a nivel de producción, de calidad o de seguridad, ya que en trabajos tan manuales, se requiere de operarios con cierta experiencia en el puesto, con lo cual, si no se obtienen, se pueden generar embudos en este puesto de trabajo con su consiguiente retraso o ineficiencia en la producción; o la obtención de productos con menor calidad que la deseada por el cliente. En cuanto a seguridad, este puesto podría generar accidentes debidos a atrapamientos y caídas; o lesiones a los operarios por adoptar posiciones poco ergonómicas al transportar los tubos manualmente.

El citado proceso de automatización pretende utilizar los elementos aprovechables de la máquina actual; y diseñar y colocar nuevos elementos que permitan cumplir con los objetivos deseados.

La primera parte del objetivo es la automatización del proceso de enderezado. Ésta se llevará a cabo con la colocación y programación de un autómatas Siemens. Es la primera y la parte más importante del proceso, pues es la que nos determinará si nuestro objetivo puede llevarse a cabo de una manera rentable.

La segunda parte corresponderá con el diseño de un nuevo lay out para el puesto de enderezado. El nuevo lay out constará principalmente de un nuevo posicionamiento del banco de enderezado para evitar desplazamientos inútiles consiguiendo reducir el

tiempo de producción por tubo. Para ello, nos podemos basar en la filosofía industrial japonesa “Just in time”, la cual pretende eliminar todas aquellas acciones que no añaden valor al producto como en nuestro caso ese desplazamiento.

La tercera parte del objetivo es la automatización en el transporte de tubos antes y después del proceso de enderezado mediante métodos ya utilizados en otros puestos. Tras realizar el nuevo diseño del lay out del puesto de enderezado se pretenderá que el operario no tenga que desplazar los tubos manualmente haciéndolos girar a lo largo de los bancos, sino que mediante el accionamiento de una botonera el mecanismo desplace los tubos de manera automática.

La cuarta y última parte del objetivo será la automatización de los procesos de marcado y medición. Para ello, se implantarán nuevos métodos de marcado industrial y medición láser, los cuáles no darán lugar a las posibles equivocaciones o despistes que puede cometer el operario.

Con estas cuatro partes ejecutadas, el puesto quedaría totalmente automatizado y el operario únicamente se encargaría de controlar y accionar los diferentes pasos del proceso llevado a cabo en este puesto de trabajo mediante una botonera.

## 3. RECOPIACIÓN DE DATOS

El presente apartado consistirá en el estudio y análisis del actual puesto de enderezado de la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN. Para ello, se describirá físicamente con la ayuda de diferentes planos (tanto en 2D como en 3D) el puesto de trabajo, la máquina de enderezado actual, así como el procedimiento de enderezado que realizan en la actualidad los operarios. Además, en este apartado se tratará de enumerar los problemas planteados en la realización de la tarea de enderezado y las posibles soluciones que resuelvan estos problemas o dificultades.

Antes de introducirse en el análisis del puesto de trabajo que se desea automatizar, se proporcionarán los datos más relevantes relacionados con la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN con el fin de situar al lector dentro del campo industrial en el cual nos encontramos.

### 3.1. Grupo SCHMIDT CLEMENS

#### 3.1.1. General.

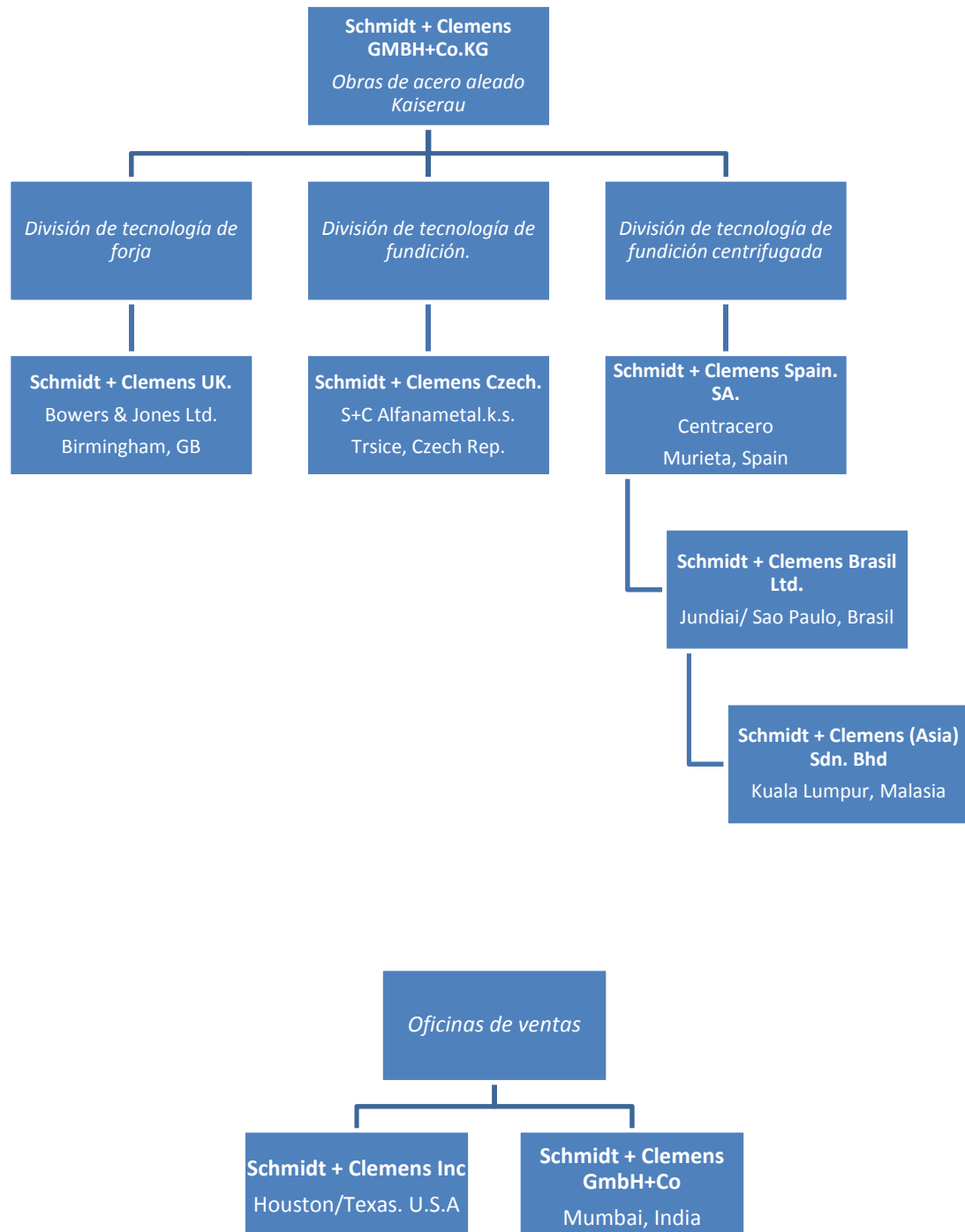
En primer lugar es importante saber que la empresa objeto de estudio llamada SCHMIDT CLEMENS SPAIN pertenece al grupo alemán SCHMIDT CLEMENS, el cual es líder mundial en la fabricación de fundición centrífuga de altas aleaciones para la industria petroquímica, refinación, fertilizantes y de reducción directa de mineral de hierro. Este grupo cuenta con 4 plantas de fundición en Europa (Alemania y España), América (Brasil) y Asia (Malasia) que otorgan la máxima capacidad de fabricación de productos centrifugados con los más altos estándares de calidad. El tamaño y la presencia global permiten a SCHMIDT CLEMENS realizar proyectos a gran escala para las principales ingenierías y usuarios en tiempo record y siempre con la garantía del grupo.

#### 3.1.2. Historia.

- 1879:** Fundación de Schmidt+Clemens como empresa dedicada al acero.
- 1900:** Asentamiento en Kaiserau como planta de fraguado.
- 1932:** Comienzos en la elaboración de productos de fundición estática.
- 1950:** Inicios en la fundición centrífuga horizontal.
- 1955:** Comienzo en el moldeado por inversión.
- 1963:** Inicios en la fundición centrífuga vertical.
- 1974:** Fundación de Centracero S.A. Murieta/ Navarra. SPAIN.
- 1982:** Fundación de Schmidt + Clemens Inc. Houston/ Texas. U.S.A
- 1996:** Fundación de Schmidt + Clemens GMBH + Co. Mumbai. INDIA.
- 1997:** Equipamiento semiautomático de fundición centrífuga horizontal.
- 2000:** Fundación de Schmidt + Clemens Brasil Ltda. Jundiai. BRASIL.
- 2001:** Fundación de Schmidt + Clemens Asia. Shah Alam. MALASYA.

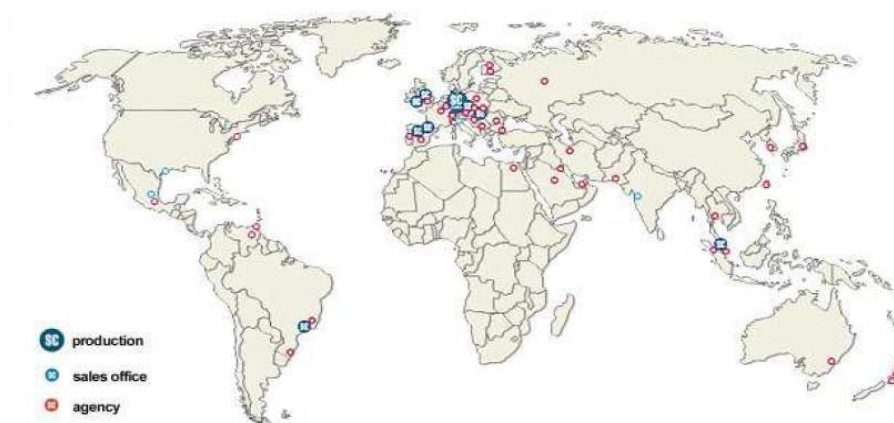
## 3.1.3. Organigrama.

El organigrama general que presenta el grupo SCHMIDT CLEMENS es el siguiente:



## 3.1.4. SCHMIDT CLEMENS en el mundo.

### S+C IN THE WORLD

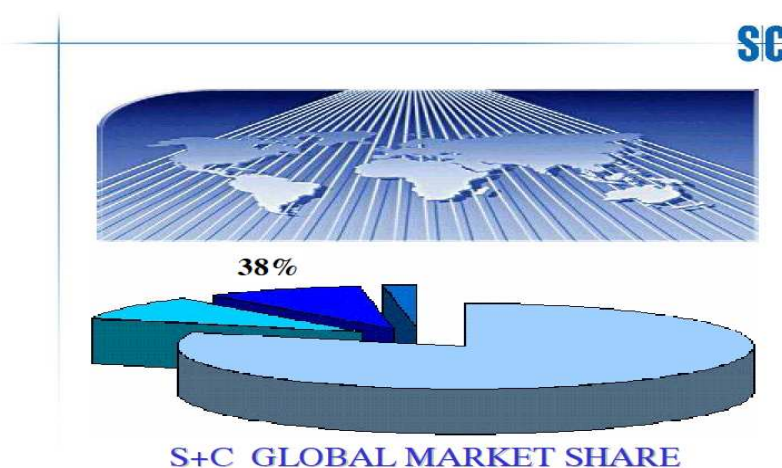


## 3.1.5. Capacidad y mercado.

El grupo S+C está especializado en la fabricación de tubos de fundición centrífugada horizontal de diámetros de entre 25-1650 mm. La capacidad mundial de fabricación de este tipo de tubos es de aproximadamente 1700 tubos/semana, pudiéndose desglosar de la siguiente manera:

- Alemania: 675 tubos/semana
- España: 600 tubos/semana
- Brasil: 300 tubos/semana
- Malasia: 125 tubos/semana

El grupo S+C abastece a más del 38% del mercado global perteneciente a su sector, convirtiéndose así en el líder mundial del sector industrial.





## 3.1.6. Productos elaborados.

Todos los productos elaborados por el grupo S+C están destinados fundamentalmente a empresas pertenecientes al sector petroquímico, a plantas de fertilizantes y a la industria del acero. Los clientes de S+C utilizan estos productos principalmente para la obtención de hidrógeno.

En función de cuál sea la utilidad de este hidrógeno se podrán catalogar principalmente tres tipos de productos:

- Tubos de reformado, arpas y encabezados para Petroquímicas y químicas.

Desde principios de los años 60, los avances en ingeniería han dado lugar a presiones y temperaturas cada vez mayores en este tipo de procesos. En la práctica, se ha demostrado que los tubos fabricados utilizando el método de centrifugación son capaces de soportar condiciones de funcionamiento cada vez más rigurosos.

Schmidt-Clemens Spain ha fabricado tubos de hornos reformadores de amoniaco, hidrógeno y metanol durante muchos años. Además, el desarrollo de nuevas aleaciones permite que los tubos tengan paredes más delgadas mejorando la transferencia de calor y pudiendo aumentar la cantidad de catalizador.

La construcción de sistemas completos, como arpas, a menudo requiere la fabricación de diferentes piezas y conjuntos que pueden incluir además de las tuberías principales, bridas, conos, espirales, etc. Las piezas se sueldan entre sí en las diferentes plantas del grupo para proporcionar así un transporte seguro y conseguir reducir al mínimo el número de soldaduras.

Gracias a la amplia experiencia en la fabricación de tubos de reformado y los sistemas de garantía de calidad, estos productos están totalmente aprobados por todas las empresas de ingeniería especializadas.

En el sector petroquímico, los principales procesos de reformado en los que se emplean los productos fabricados por la empresa S+C son aquellos en los cuales se consigue transformar naftas de baja calidad (mezcla de hidrocarburos de 5 a 11 átomos de carbono) en naftas con alto índice de octano adecuadas para la formulación de gasolinas.

REFORMER TUBES



AMMONIA HARPS



- Tubos, transferlines y coils para hornos de craqueo de etileno.

La gama de productos de S+C Spain destinados a plantas de craqueo no sólo incluye los tubos de centrifugación, sino que también incluye piezas de fundición estática, como codos, piezas en T, etc.

Otro ejemplo de la amplia gama de productos para la industria del craqueo de etileno son los transferlines.

En la producción de la empresa se han realizado mejoras en las superficies interiores y modificaciones en los tubos utilizados en las plantas de craqueo para minimizar la rugosidad superficial interior evitando así la adherencia de coque en las paredes.

Las aleaciones utilizadas tienen puntos altos de ruptura, una ductilidad óptima, baja fragilidad y resistencia al choque térmico, así como el mantenimiento de las propiedades de una buena soldadura.

Al igual que con los tubos de reformado, estos también están aprobados por todas las empresas de ingeniería.

Estos productos son empleados principalmente en la obtención del hidrógeno en plantas de etileno para la elaboración de diferentes productos como plásticos, fertilizantes, etc.

ETHYLENE COILS



ETHYLENE TRANSFERLINES



- Tubos y coils de reducción directa para la industria del hierro.

Una de las especialidades más importantes de Schmidt-Clemens Spain es la fabricación de tubos para plantas de reducción directa de acero. Siendo además los principales productores de estos productos.

En colaboración con empresas de ingeniería y usuarios finales, se ha desarrollado una tecnología específica e invertido en equipos especiales para la fabricación de tubos de gran diámetro, adecuados para este fin, ofreciendo la mejor calidad y competitividad.



Se han realizado mejoras especiales en el interior de la superficie para minimizar los efectos del fenómeno conocido como “dusting metal”.

Durante los últimos años, el grupo ha puesto en marcha un importante programa de inversiones y desarrollo de fabricación y, como resultado, ha logrado posicionarse como líder del mercado en este sector.

Cabe mencionar también que, fundamentalmente, el hidrógeno obtenido en los tubos de reducción directa son utilizados para la fabricación del “hierro esponja”, el cual es muy adecuado para la elaboración de acero en un horno eléctrico, puesto que está libre de impurezas metálica, es más fácil de manejar y transportar, y posee una composición química uniforme y precisa.

MIDREX TUBES



HYL TUBES



### 3.1.7. Materiales S+C.

SCHMIDT CLEMENS ha desarrollado gran cantidad de materiales de calidad para cubrir una amplia variedad de aplicaciones. Todos los materiales creados por la empresa junto con sus composiciones químicas, sus aplicaciones y otras propiedades pueden observarse en la siguiente tabla.

En nuestro caso, se ha trabajado únicamente con los materiales con los que se estaban fabricando tubos en los meses en los que se ha colaborado en la empresa. Por tanto, se han estudiado los materiales más típicos con los que trabaja Schmidt Clemens Spain, los cuales se van a describir brevemente en apartados siguientes.

No.	Trade Mark Country <sup>a</sup>	ASTM Type	Chemical Composition Approximate Values in % Mass							Max. Appl. Temp. recommended for the Petrochemical Industry °C	Max. Application Temperatures in Air °C**	Furnace Types
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	W	Others		
1	G 4828	HF	0,40	1,50	1,20	22,00	8,00	-	-	-	950	
2	G 4837	HH	0,40	1,50	1,00	25,00	12,00	-	-	-	1050	
3	G 4848	HK 40	0,40	1,50	1,50	25,00	20,00	-	-	-	1000	
4	G 4848 Micro	-	0,40	1,00	-	25,00	20,00	+ Add	-	+ Add	1050	
5	G 4852	HP + Nb	0,40	1,50	1,50	25,00	35,00	1,50	-	-	1100	
6	G 4852 W	HP + Nb W	0,40	1,50	1,50	25,00	35,00	1,50	1,50	-	1100	
7	G 4852 Micro	HP + Nb (MA)	0,45	1,50	1,00	25,00	35,00	1,50	-	+ Add	1130	
8	G 4852 Micro R	HP + Nb (MA)	0,45	0,80	1,50	25,00	35,00	1,00	-	+ Add	1050	
9	G 4855	II 510*	0,35	1,50	1,50	24,00	24,00	1,50	-	-	1000	
10	G 4857	HP	0,45	1,50	0,70	25,00	35,00	-	+ Add	-	1130	
11	G 4857 W	HP + W	0,45	1,80	1,20	25,00	35,00	-	4,00	-	1130	
12	G 4857 M	HP + Mo	0,45	1,80	1,50	25,00	37,00	-	-	Mo 1,50	1100	
13	G 4859	CT 150	0,10	1,50	1,50	20,00	32,00	1,00	-	-	1000	
14	G 4868	-	0,50	2,00	1,50	30,00	30,00	-	-	-	1100	
15	G 4868 Micro	-	0,55	2,00	0,50	30,00	30,00	1,00	-	+ Add	1130	
16	G 4870	-	0,45	1,50	1,50	28,00	48,00	-	5,00	-	1150	
17	G 4879 Micro	-	0,50	1,00	0,75	28,00	48,00	-	5,00	+ Add	1150	
18	ET 45 Micro	-	0,45	1,80	1,00	35,00	45,00	1,00	-	+ Add	1150	
19	ET 45 LC	-	0,10	0,80	1,50	35,00	45,00	0,80	-	+ Add	1100	
20	HTE	-	0,45	0,50	-	30,00	45,00	0,50	-	+ Add, Al, Fe	1175	
21	H 101	-	0,13	1,30	1,50	25,00	37,00	0,60	-	-	1000	
22	H 101 Micro	-	0,13	0,50	0,50	25,00	37,00	0,50	-	+ Add	1050	
23	ET 35 Co	-	0,50	1,20	1,20	29,00	35,00	-	5,00	Co-15,00	1175	
24	ETSON	A360 IN 657*	0,10	0,50	0,50	50,00	80%	1,50	-	-	950***	
25	GD HTD	-	0,45	-	-	27,00	80%	0,70	-	+ Add, Fe, Al	1175	

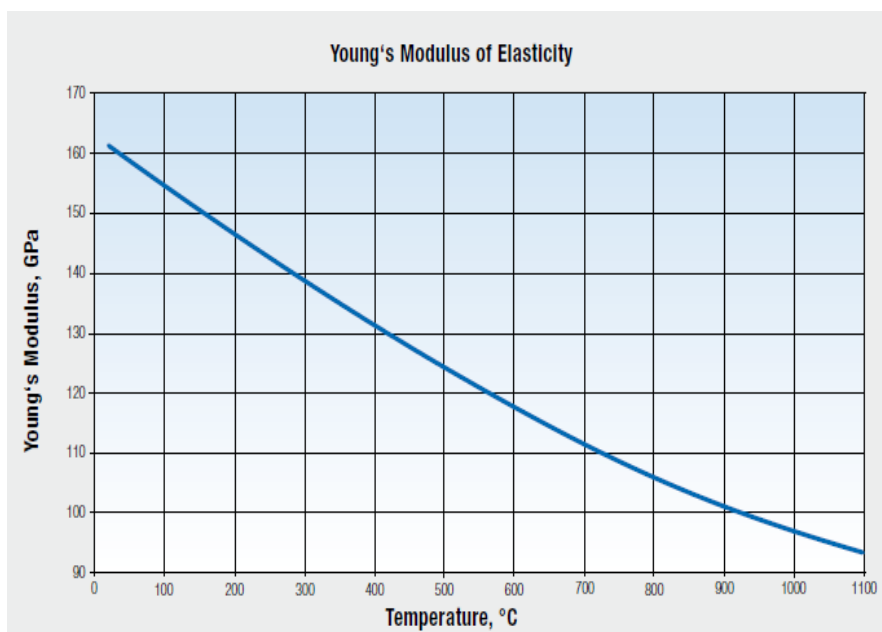
Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.

## 3.1.7.1. G 4852 Micro

Este material es un acero austenítico con un 35% de níquel, un 25% de cromo y adiciones de niobio, titanio y otros. Esta aleación posee una excelente estabilidad estructural, muy alta tensión de ruptura a altas temperaturas y buena resistencia a carburización/oxidación. La composición nominal del presente material en porcentaje másico es la expuesta en la tabla.

	mass percentage
Carbon	0.45
Silicon	1.50
Manganese	1.00
Chromium	25.00
Nickel	35.00
Niobium	1.50
Titanium	Additions
Iron	Balance

En lo que a propiedades físicas se refiere, en el presente documento, es interesante el valor del módulo de elasticidad de Young a temperatura ambiente.

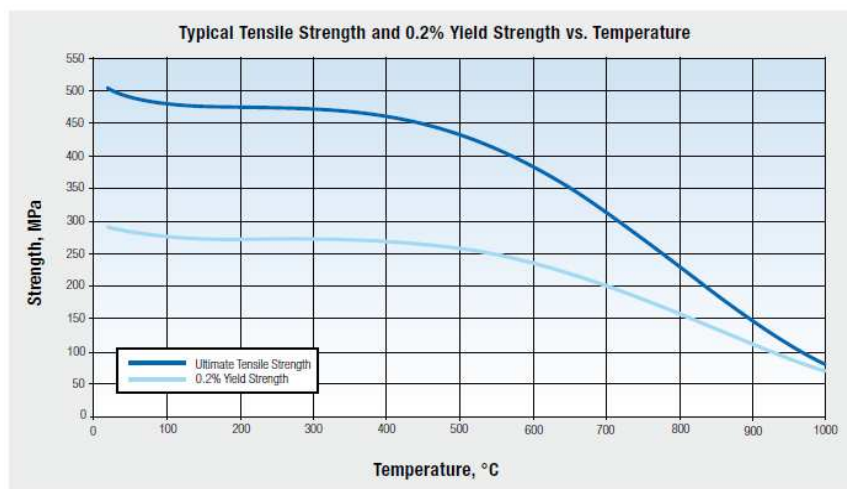


En cuanto a propiedades mecánicas, las cuales son las más importantes en nuestro estudio, es importante conocer la tensión elástica máxima, la tensión de rotura y la mínima elongación de ruptura. De esta manera se ha podido calcular teóricamente la flecha elástica máxima, es decir, la longitud mínima de flecha que es necesario doblar el tubo para alcanzar la zona plástica.

## Tensile properties

Minimum tensile properties at 20°C:

0.2% Yield strength:	230 MPa
Ultimate tensile strength:	470 MPa
Elongation (l = 5d):	8% for centricast tubes 6% for static castings

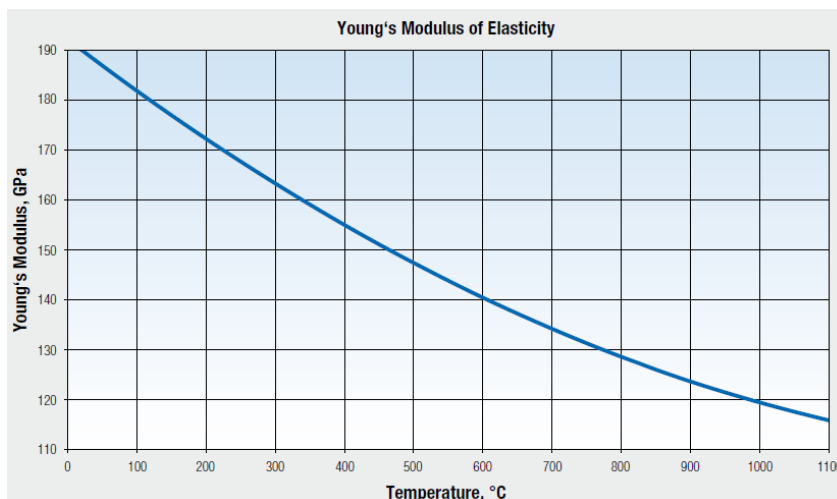


### 3.1.7.2. G 4879 Micro

El presente material es una aleación austenítica que contiene níquel, cromo, tungsteno y titanio. Las propiedades del G 4879 Micro son una elevada tensión de ruptura a altas temperaturas y buena resistencia a la carburización/ oxidación. La composición en porcentaje másico es la siguiente.

	mass percentage
Carbon	0.50
Silicon	1.00
Manganese	0.75
Chromium	28.00
Iron	15.00
Tungsten	5.00
Titanium	Additions
Nickel	Balance

Respecto a las propiedades físicas del material definiremos el módulo de elasticidad de Young en función de la temperatura, aunque para este estudio únicamente es interesante a temperatura ambiente, que es la temperatura de trabajo.

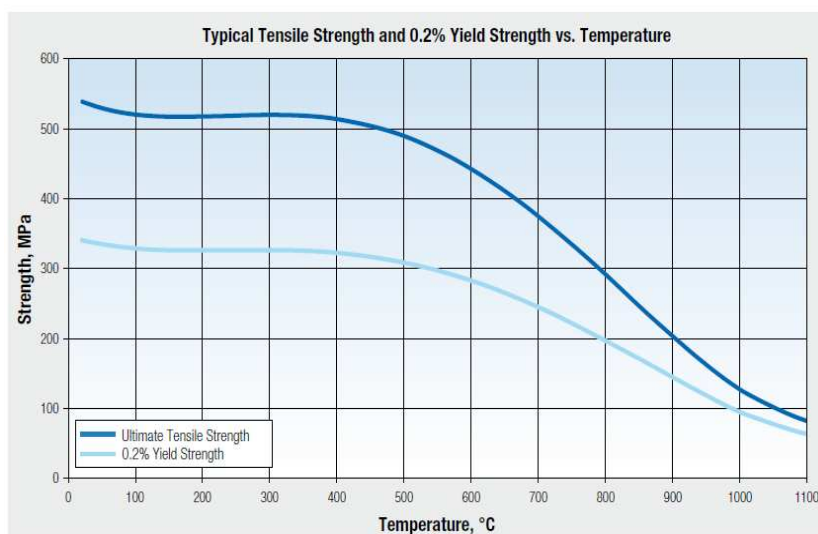


Con el fin de calcular de forma teórica la flecha elástica máxima para hacerse una idea del rango de deformación que es necesario aplicar al tubo para entrar en la plasticidad del material se conocerán la tensión elástica máxima, la tensión de fractura y la mínima elongación de ruptura.

## Tensile properties

Minimum tensile properties at 20°C:

0.2% Yield strength: 290 MPa  
Ultimate tensile strength: 490 MPa  
Elongation, (l = 5d): 4.0% for centrifugal tubes  
3.0% for static castings



## 3.1.7.3. 60 HT D

Este novedoso material es una aleación de acero en base níquel con más del 50% de níquel, cromo, aluminio, niobio más adiciones de titanio y otros elementos minoritarios. Esta aleación destaca por su excelente estabilidad estructural, una muy alta tensión de rotura a elevadas temperaturas y una excelente resistencia a carburización/ oxidación. La composición nominal en porcentajes máxicos es la representada.

Carbon .....	0.3 – 0,6
Chromium .....	24 – 30
Niobium .....	0,4 – 1
Iron .....	< 10
Aluminium .....	2 – 3
Nickel .....	Balance

Las propiedades físicas típicas representadas de forma ordenada en la siguiente tabla son: temperatura, coeficiente de dilatación lineal, módulo de elasticidad, calor específico, resistencia eléctrica y conductividad térmica.

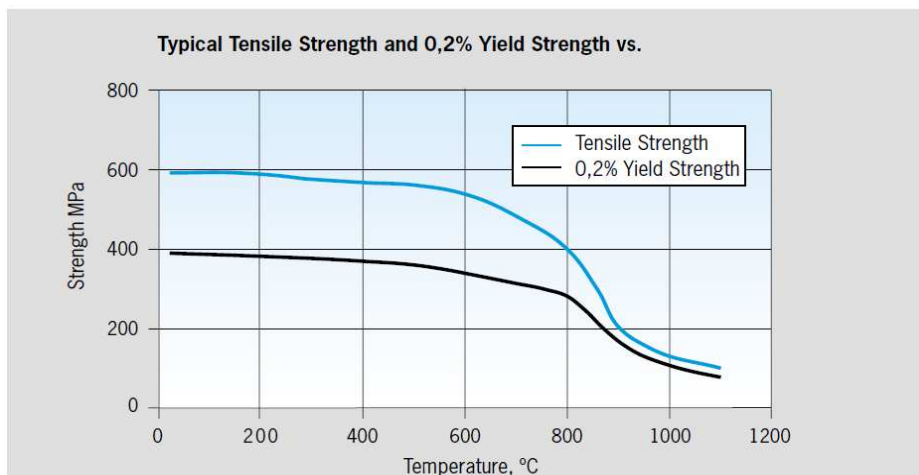
$\delta$ °C	$\alpha$ 10 <sup>-6</sup> / K	E GPa	$c_p$ J / kg K	$\rho$ $\mu\Omega$ m	$\lambda$ W / m K
20		175*	462	1,25	13,4
100	12,6	172	476	1,26	14,7
200	13,0	167	491	1,28	16,2
300	13,4	162	505	1,30	17,8
400	13,8	156	519	1,32	19,3
500	14,1	150	536	1,33	20,8
600	14,6	143	590	1,34	22,4
700	15,3	136	635	1,33	24,0
800	16,1	128	660	1,32	25,8
900	16,7	121	690	1,32	27,3
1000	17,1	113	710	1,33	28,8
1100	17,6	85	740	1,30	29,3

Las propiedades mecánicas del material 60 HT D, al igual que en casos anteriores, se representarán mediante los valores de tensión elástica máxima, la tensión de rotura y la mínima elongación de rotura.

Además, en la gráfica se pueden observar los valores de la tensión elástica máxima y la tensión de rotura en función de la temperatura.

## Tensile Properties\*

Minimum tensile properties at 20°C: 0.2% Yield Strength: 290 MPa  
Tensile Strength: 515 MPa  
Elongation (l = 5d): 4 %



### 3.1.7.4. ET 45 Micro

El material designado como ET 45 Micro es un acero en base níquel aleada con una matriz que contiene Ni-Cr-Fe-Si fundamentalmente. Su alto nivel de cromo, la adición de tierras raras y la formación de carburos primarios permiten obtener el mejor compromiso entre una buena resistencia a corrosión a altas temperaturas y la tensión de ruptura por el fenómeno “creep”. La composición química nominal en masa es la siguiente.

	mass percentage
Carbon	0.45
Silicon	1.60
Manganese	1.00
Chromium	35.00
Iron	16.00
Niobium	1.00
Titanium	Additions
Zirconium	Additions
Rare earth elements	Additions
Nickel	Bal. (45.0)



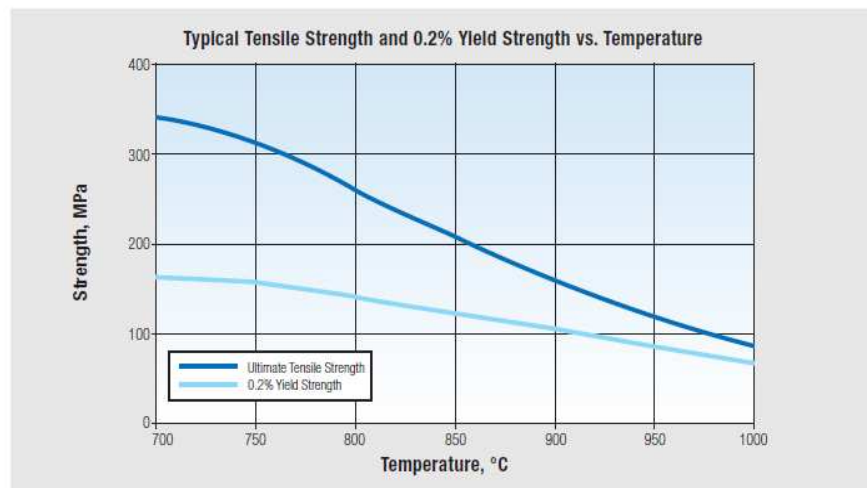
Como en el resto de los casos anteriores, de las propiedades físicas únicamente es interesante el valor del módulo de elasticidad de Young a temperatura ambiente. El cual para este material es de aproximadamente 158 GPa.

Con el fin de conocer el rango de deformación que se debe aplicar a este tipo de material se proporcionarán las mismas variables que en los anteriores materiales.

## Tensile properties

Minimum tensile properties at 20°C:

0.2% Yield strength:	245 MPa
Ultimate tensile strength:	450 MPa
Elongation (l = 5d):	6% for centricast tubes 3% for static castings



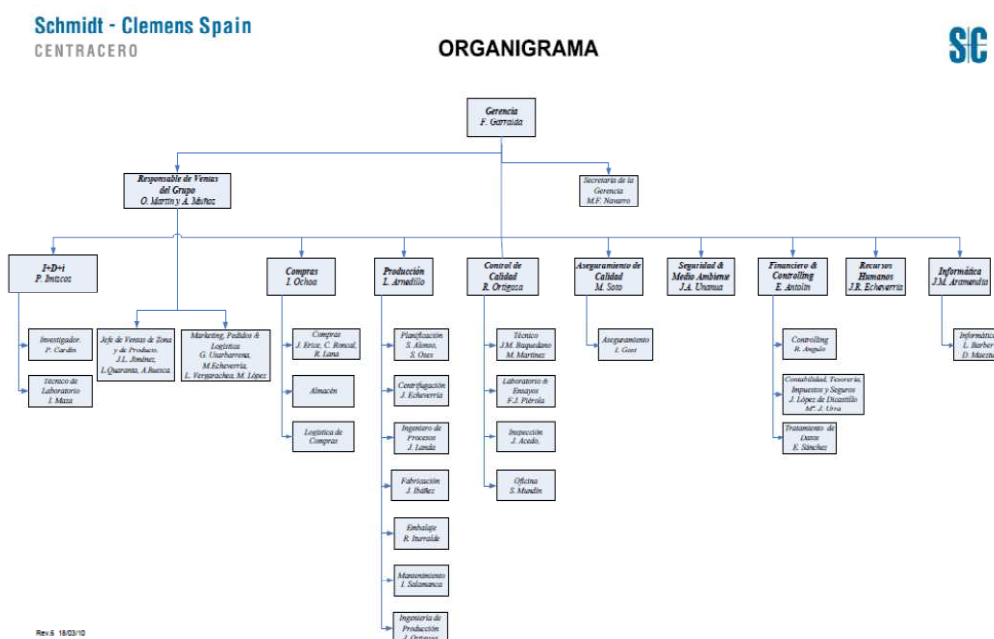


## 3.1.8. SCHMIDT CLEMENS SPAIN

La empresa objeto de estudio fue fundada por el grupo S+C en el año 1974. Un año más tarde comenzó la producción y los envíos. En 1983, se introdujo en el mercado de la reducción directa. En el año 1985 y 1986, entró en el mercado de Norteamérica y del mediano Oriente. Obtuvo la certificación ISO 9002 en 1992. En 1997, realizó una ampliación de planta del 30% y formó el acuerdo con DOW; el cual fue seguido dos años después por la empresa METHANEX & MHTL. Finalmente, el año 2005 se caracterizó por alcanzar record en ventas, facturando más de 70 millones de euros.

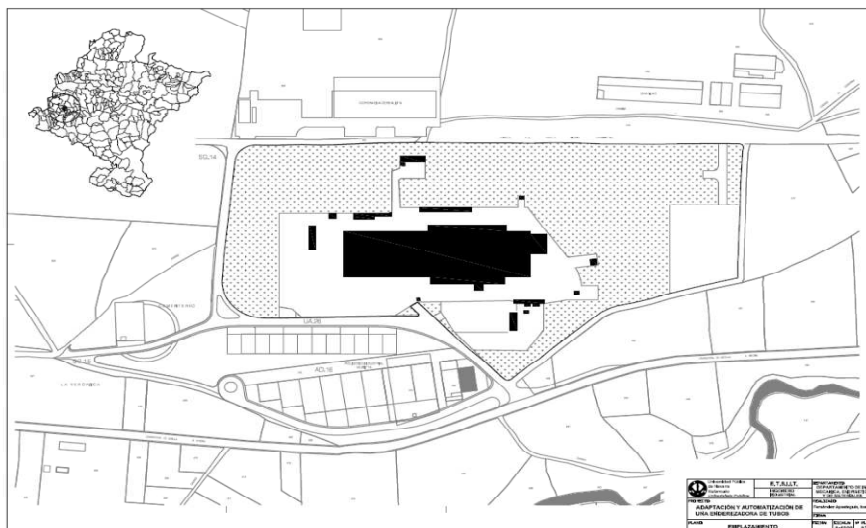


En la actualidad, la empresa trabaja a tres turnos y cuenta con un total de 180 trabajadores aproximadamente.



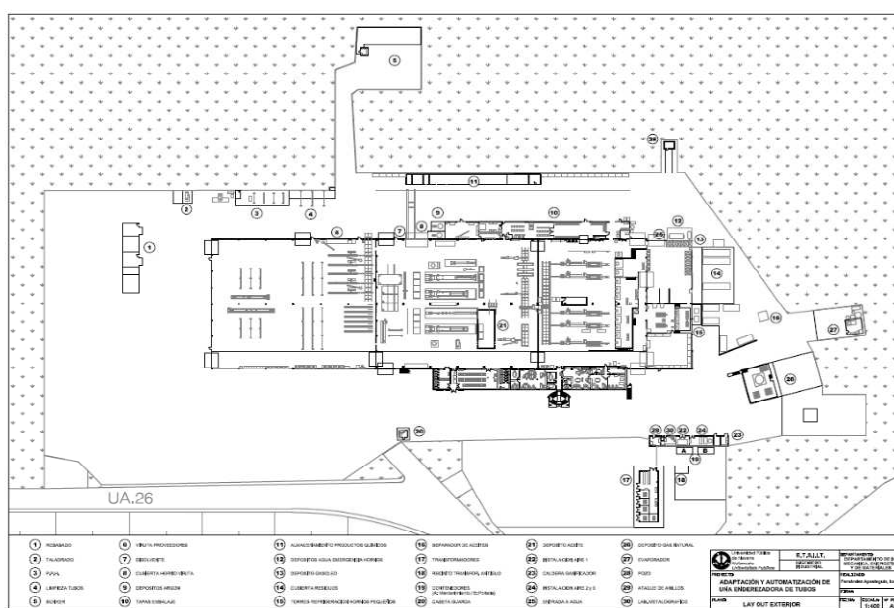


En el plano anexo A2 titulado con el nombre de Emplazamiento, se puede observar dónde esta situada la parcela 739, y la distribución general que la industria S+C Spain tiene dentro de esta parcela.



### 3.2.3. Lay-out exterior de S+C Spain.

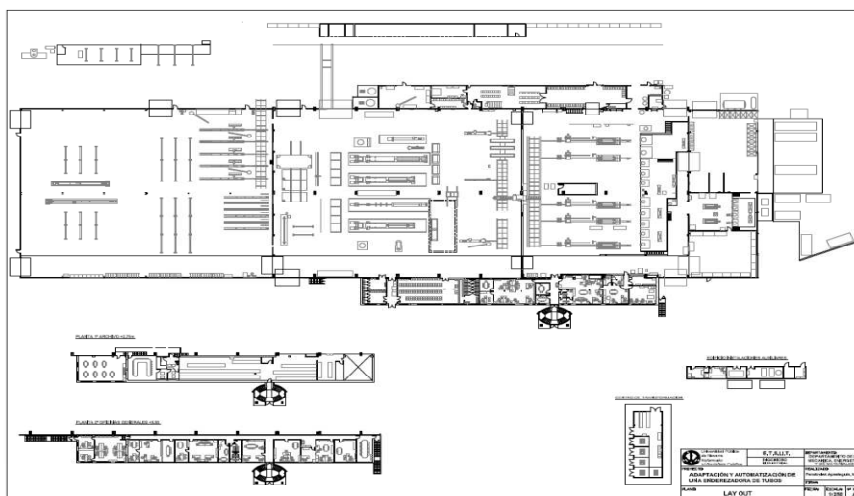
En el plano A3 proporcionado en el anexo y llamado lay-out exterior se puede contemplar la distribución detallada que tiene la empresa objeto de estudio con su correspondiente leyenda, en la cual se pueden localizar todas las diferentes casetas exteriores pertenecientes a la empresa.



## 3.2.4. Lay-out de la nave industrial S+C Spain

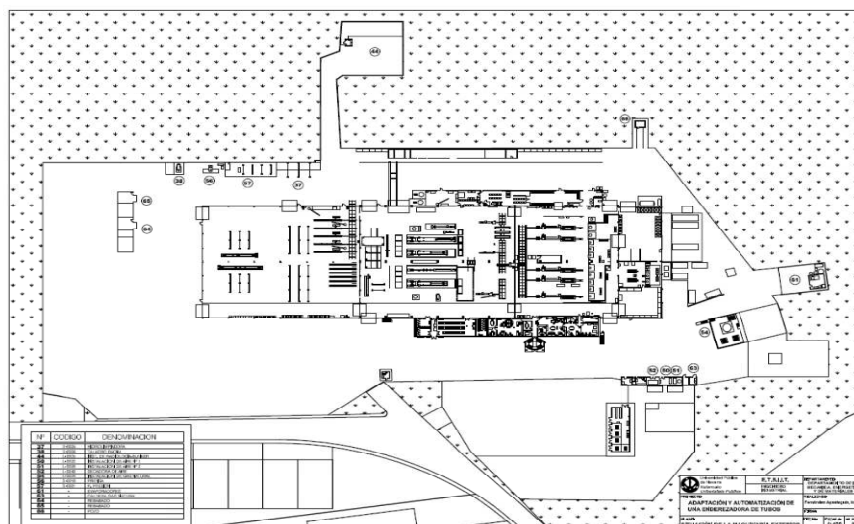
En el plano A4 del anexo elaborado por la propia empresa y titulado como Lay-out, se puede ver la distribución de la nave industrial principal, el edificio de instalaciones auxiliares, el centro de transformación y las tres plantas de oficinas acopladas a la nave principal de la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN.

La nave industrial se divide en tres grandes secciones, las cuales son centrifugación (derecha), mecanizado (centro) y soldadura (izquierda).



## 3.2.5. Plano de situación de la maquinaria exterior.

En el plano A5 y su correspondiente leyenda se puede divisar e identificar toda la maquinaria existente fuera de la nave principal de la empresa.

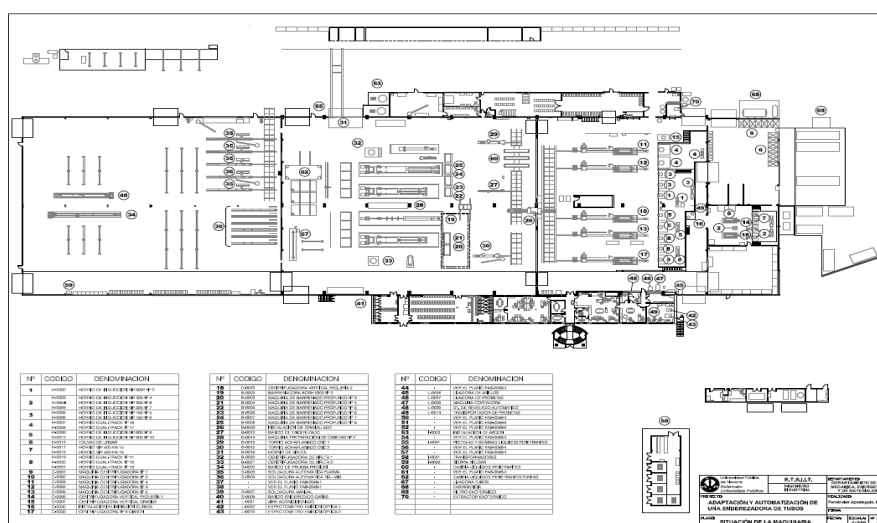


*Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.*

## 3.2.6. Plano de situación de la maquinaria.

En el plano A6 del anexo llamado igual que el nombre del presente apartado se puede localizar e identificar la diferente maquinaria existente dentro de la nave industrial de la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN.

El puesto de enderezado objeto de estudio está numerado y publicado en la leyenda de dicho plano con el número 27. Como puede observarse, este puesto se encuentra en la parte central de la nave industrial delimitando las secciones de centrifugación y mecanizado.



## 3.3. Lay-out del puesto de enderezado.

### 3.3.1. Elaboración.

Ante la inexistencia de planos detallados de cada puesto de trabajo que existe en la empresa, se ha procedido a la realización del plano en detalle del puesto de enderezado, que es el que realmente tiene importancia en este documento. Cabe destacar que las medidas realizadas se han ejecutado con la mayor precisión y el mayor cuidado posible.

Este puesto puede considerarse dentro de la sección de mecanización aunque en él no se realice ninguna operación de arranque de viruta. Por lo que se considerará que el enderezado da inicio a la sección de mecanización sirviendo así de conexión entre las secciones de centrifugado y mecanizado. De ahí que el puesto especificado se encuentre físicamente entre las dos secciones mencionadas.



### 3.3.2. Partes

En el plano del lay-out elaborado, existente en el anexo del presente documento, se pueden distinguir las siguientes partes del puesto de enderezado:

- Bancos o guías para el transporte de tubos
  - Anteriores al granallado.  
La mayor parte del transporte de tubos en estos bancos es automático ya que ante la elevada temperatura de los tubos es imposible realizar el transporte de forma manual. Para este transporte horizontal automático son empleados mecanismos de cadenas.
  - Posteriores al granallado.  
Prácticamente todo el transporte de tubos a través de estos bancos es realizado de forma manual. En el presente proyecto se mostrarán posibles soluciones que permitan realizar este transporte de manera automática.
  - Posteriores al enderezado  
El transporte en esta parte del puesto de enderezado es realizado de forma automática.
- Maquinaria
  - Máquina de granallado.  
La máquina de granallado presente en el puesto de enderezado es un modelo LAUCO 100/AC/11-A1 del año 2005 perteneciente a la empresa italiana Officine Meccaniche San Giorgio S.p.A. (OMSG), la cual es especialista en equipos de granalla.



*Granalladora LAUCO 100/AC/11-A1*

Esta es una máquina de túnel para el tratamiento automático continuo de tubos y perfiles que se desplazan en un camino de rodillos plano.

Las turbinas están dispuestas transversalmente al plano de avance del material. Los pasos del túnel están apantallados para reducir el escape de la granalla mediante una serie de cortinas de goma anti-abrasivo.

La granalla metálica proyectada por las turbinas, después de haber cubierto la superficie a tratar, es obligada a desplazarse hacia los transportadores de tornillo sin-fin dispuestos en el fondo de la cabina; de éstos pasa a un elevador de cangilones, de aquí al dispositivo de selección y despolvorización, para después ser reciclada en las turbinas.

La cabina de granallado está fabricada de chapa de acero austenítico al 12-14% de manganeso.

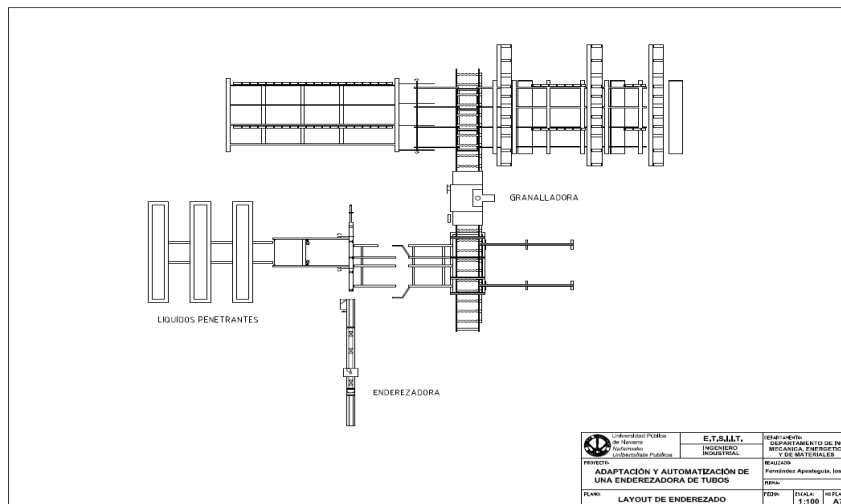
La máquina está preparada para su unión a un conjunto aspirador-filtro para efectuar la despolvorización de la granalla y reducir la salida del polvo durante el trabajo.

Características técnicas	
Longitud del pasaje de las piezas	1000 mm
Altura del pasaje de las piezas	400 mm
Capacidad máx. por rodillo	800
Primera Carga de Granalla (Teórico)	2000 Kg.
Potencia instalada:	
-máquina con separador ST	53 KW
Temperaturas ambiente admitidas	-5 / +40 °C
Equipo Pneumático:	
-presión de utilización	600 Kpa
-consumo de aire comprimido	0,3 N m <sup>3</sup> / h

- Enderezadora.  
Esta máquina es la parte más importante del puesto de trabajo, por tanto se hablará posteriormente de ella en el apartado 3.4, el cuál es específico para ella.
- Cabinas de líquidos penetrantes.  
Este elemento ya no pertenece al puesto objeto de estudio, pero ha sido representado para conocer el entorno más cercano.

## 3.3.3. Plano

En el anexo puede observarse el plano A7 correspondiente al lay-out del puesto de enderezado, donde se pueden ver las partes definidas en el apartado anterior.



## 3.4. Descripción física de la máquina enderezadora de tubos.

### 3.4.1. Historia.

Desde la fundación de la empresa localizada en Murieta en el año 1974 la máquina enderezadora de tubos objeto de estudio se encuentra presente en ella. Esta máquina provenía desde Kaiserau, de la sede original alemana del grupo SCHMIDT CLEMENS. Los primeros planos de la enderezadora existentes en los archivos de la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN datan del año 1967, por lo que se puede suponer que la máquina fue fabricada alrededor de este año.



*Operario trabajando en la máquina enderezadora.*

*Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.*



Lógicamente, la máquina ha sufrido innumerables modificaciones desde el año de su fabricación hasta la actualidad. Aunque fundamentalmente, el grueso del conjunto sigue siendo el mismo. Las principales modificaciones que ha sufrido son las siguientes: sustitución del sistema de elevación de los tubos dentro del banco, instalación de nuevos sistemas de seguridad (barras, células láser, etc.), prolongación de la longitud del banco, nuevo sistema hidráulico, etc.

### 3.4.2. Componentes.

La máquina enderezadora de tubos tiene diferentes componentes, de los cuales, los principales son:

- Banco  
Es el elemento fabricado en acero que soporta y da estabilidad al resto de componentes.
- Raíles  
Sirve como apoyo y guía para el elemento horizontal móvil.
- Carro  
Es el elemento horizontal móvil que transporta el pistón a lo largo de toda la longitud del tubo para poder enderezarlo mediante el accionamiento de este. El transporte se consigue mediante un sistema de piñón-cremallera y un motor de 0.75 kW.
- Viga  
Componente que sirve para elevar los tubos con un cilindro neumático y así poder introducirlos y extraerlos de la enderezadora. Para ello, posee unos rodillos no accionados, con lo que el transporte debe realizarse manualmente.
- Cilindro vertical  
Cilindro neumático anclado al suelo y en cuyo extremo va anclado al cabezal accionado. Al accionar este cilindro, el cabezal es girado alrededor de 90° con lo que se permite introducir y extraer longitudinalmente el tubo de la máquina.
- Cabezal  
Elemento fabricado en acero, el cual sirve como tope al introducir los tubos en la enderezadora.
- Cabezal accionado con cilindro neumático  
Componente móvil fabricado en acero que mediante el accionamiento de un cilindro neumático se presiona el tubo entre los dos cabezales.
- Rodillo longitudinal  
Rodillo accionado mediante un motor de 1.1 kW. el cual introduce y extrae los tubos en la enderezadora.

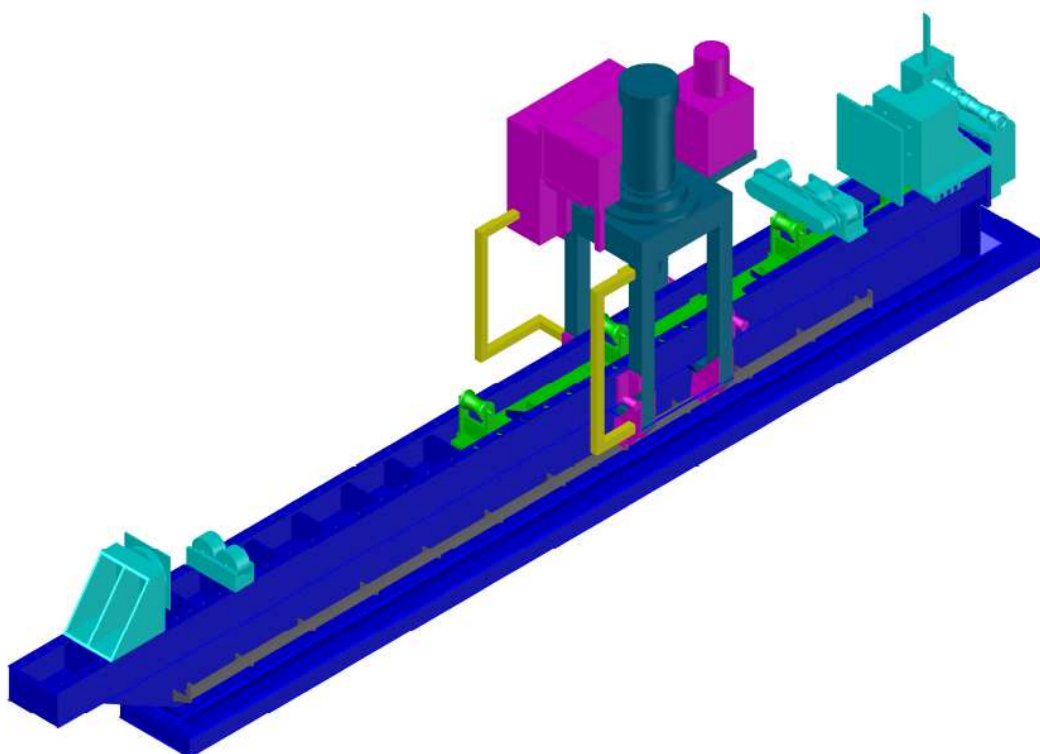
- Rodillos transversales
  - Motorizados  
Pareja de rodillos moleteados accionados con un motor de 0.25 kW. Sirven para hacer girar el tubo y así poder medir la curvatura que posee.
  - No motorizados  
Pareja de rodillos moleteados que sirven como apoyo cuando el tubo está girando.

### 3.4.3. Planos.

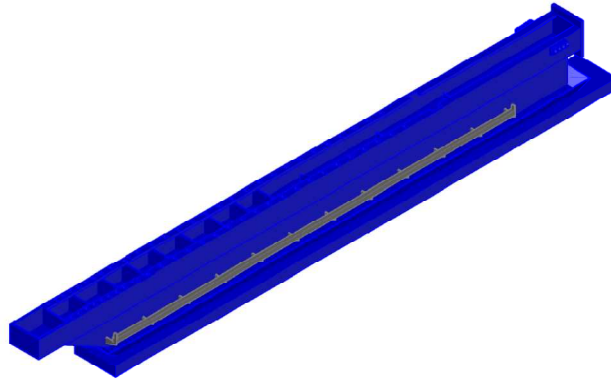
Respecto a la máquina enderezadora de tubos de aleaciones especiales se han realizado numerosos planos, los cuáles pueden verse en su totalidad en el anexo.

En el anexo se tiene el plano de la enderezadora en su totalidad y también se ha realizado un despiece, por lo que se pueden observar todos los componentes por separado. Los títulos y la localización de los planos es la siguiente:

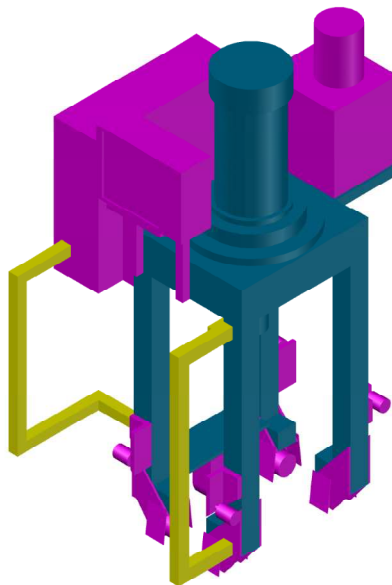
- Plano ENDEREZADORA DE TUBOS: A8.1.



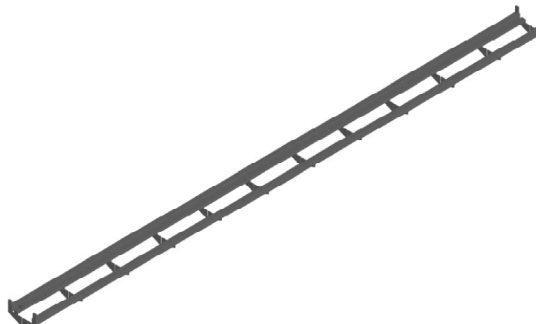
- Plano BANCO: A8.2.



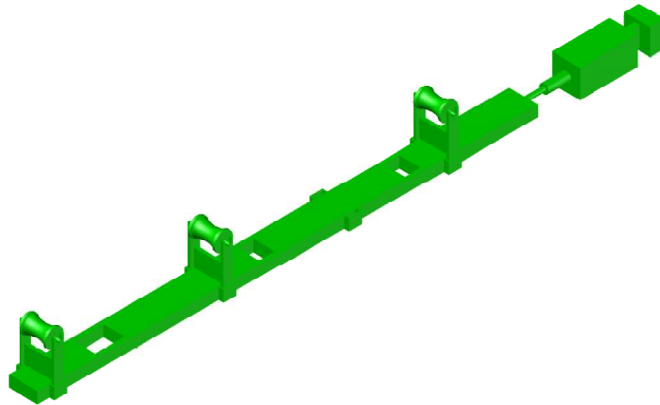
- Plano CARRO: A8.3.



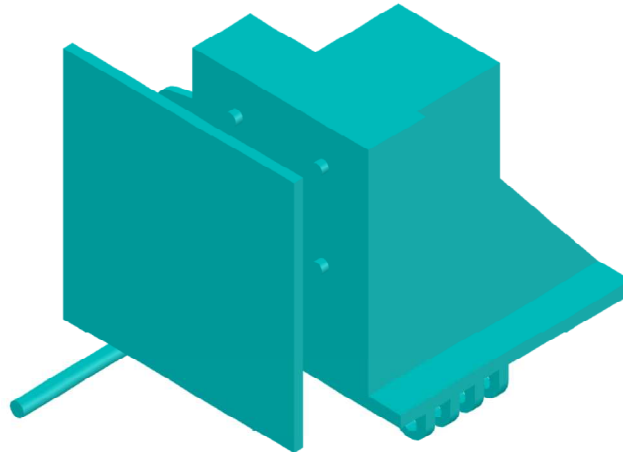
- Plano RAÍLES: A8.4.



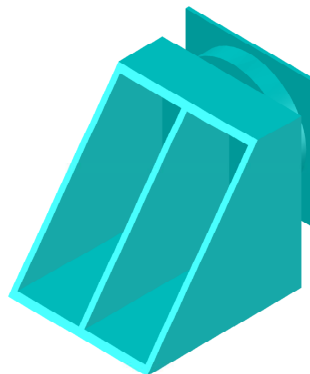
- Plano VIGA: A8.5.



- Plano CABEZAL ACCIONADO: A8.6.



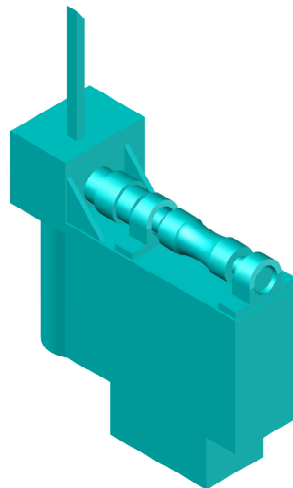
- Plano CABEZAL: A8.7.



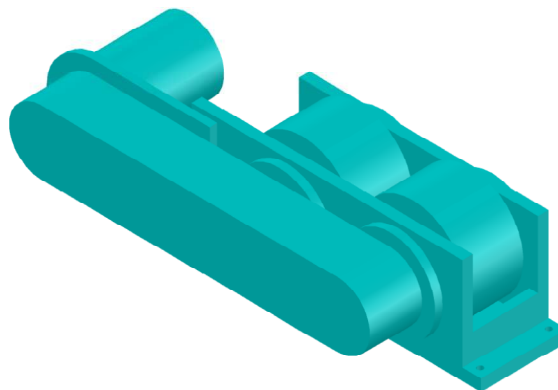
- Plano CILINDRO VERTICAL: A8.8.



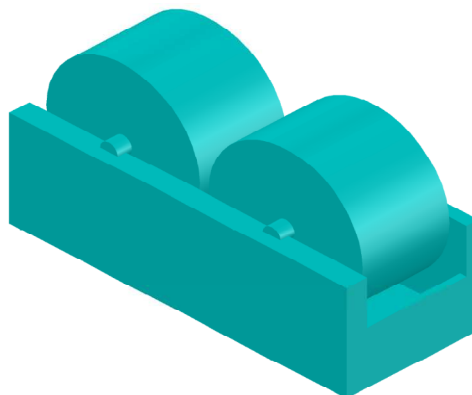
- Plano RODILLO LONGITUDINAL: A8.9.



- Plano RODILLO TRANSVERSAL MOTORIZADO: A8.10.



- Plano RODILLO TRANSVERSAL: A8.11.



### 3.5. Procedimiento de enderezado.

El primer paso que realiza el operario en el procedimiento de enderezado es el de introducir los tubos en la máquina de granalla. Para ello, el operario accionando una botonera transporta los tubos por los bancos mediante un sistema de cadenas. Este trayecto esta automatizado, ya que los tubos pueden estar lo suficientemente calientes para no poder ser trasladados de forma manual. En el tramo final del banco anterior al granallado, el operario carga los tubos manualmente en el elevador de la entrada de la máquina de granalla, posteriormente desciende el elevador y pone la granalladora en marcha. Al ponerla en marcha los tubos son trasladados hacia su interior a través de los rodillos motorizados acoplados a la máquina.



*Transporte manual a la entrada de la granalladora.*

Una vez que los tubos están granallados, la máquina se para, bien porque se ha disparado el detector de proximidad situado al final del banco de la granalladora o por accionamiento del operario. Después, el operario acciona el elevador de la salida de la granalladora y mueve los tubos de forma manual hacia el banco contiguo, en el cual los tubos van a ser medidos y marcados manualmente por el operario.



*Transporte manual a la salida de la granalladora.*

Cuando los tubos son medidos y marcados, de nuevo, el operario transporta los tubos a mano hasta el banco de enderezado. En este banco los tubos son introducidos de forma manual con la ayuda de un rodillo longitudinal. Con el tubo introducido en el banco de enderezado, el operario accionando el pistón endereza el tubo en el centro y en los extremos del tubo; y le realiza la prueba neumática.



*Operario marcado los tubos.*



*Operario midiendo los tubos.*



Si todo ha salido bien, el operario extrae el tubo ayudado por el rodillo longitudinal y mediante unos garfios elevadores los tubos son lanzados hacia el puesto de líquidos penetrantes.



*Garfios elevadores.*

En el puesto de enderezado, normalmente, suele haber trabajando dos operarios por turno. El primero, introduce y extrae los tubos de la máquina de granalla, y el segundo de ellos se dedica a realizar la operación de enderezado en la máquina. La operación de medida y marcado de los tubos es elaborada por ambos operarios.

Mencionar también que la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN cuenta con un sistema de captura de datos mediante el cual quedan registrados todos los productos con sus correspondientes características (dimensiones, defectos, rugosidades, comentarios, etc.).

De esta forma, se puede realizar un seguimiento detallado de la producción llevada a cabo; conociendo la trayectoria seguida y la localización en todo momento de cada producto y el tiempo en el que ha estado en cada puesto de trabajo.

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Obra	Posición	Nº Tubo	D Exterior B	D Exterior Centro	D Exterior A	D Interior B	D Interior				
36110 99000440	2151		168.4 - 170.4	168.4 - 170.4	168.4 - 170.4	143.5 - 144.5					
36110 99000440	2150		168.4 - 170.4	168.4 - 170.4	168.4 - 170.4	143.5 - 144.5					
36110 99000440	2149		168.4 - 170.4	168.4 - 170.4	168.4 - 170.4	143.5 - 144.5					

Destino: Enderezado    Modificar    Observaciones

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Aceptar

SCHMIDT-CLEMENS SPAIN    25/11/2011    13:06

*Pantalla de la captura de datos.*

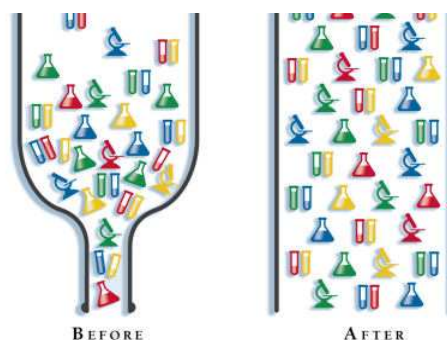
## 3.6. Problemas y posibles soluciones.

### 3.6.1. Problemas existentes.

El principal problema existente en este puesto de trabajo es que el operario encargado en realizar el enderezado requiere de cierta experiencia en el proceso.

En el caso de no contar con un operario experimentado pueden aparecer ciertas consecuencias en este puesto, las cuáles acarrearán problemas a nivel general de la fábrica. Estos problemas pueden ser tanto a nivel productivo o de calidad, como a nivel de seguridad.

A nivel productivo, sin un empleado cualificado, se pueden generar embudos o cuellos de botella en el puesto de enderezado. Esto, además, supone un consiguiente retraso o ineficiencia en el proceso productivo, pudiendo llegar a ocasionar paros en procesos posteriores al enderezado como pueden ser el mecanizado o la soldadura del producto.



Otro tema a tener en cuenta en lo que a producción se refiere son los errores o equivocaciones humanas que pueden cometer los operarios tanto en el marcado como en la medición de los tubos de forma manual. Así bien, si el empleado toma medidas erróneas puede suponer ciertas ineficiencias productivas como que se mecanicen tubos que van a ser chatarra o que se desechen tubos aptos. Por otro lado, si los tubos son marcados de manera errónea puede llegar a suponer ciertos retrasos o pérdidas de tiempo en el cómputo del proceso productivo; o la mala fabricación del producto con su consecuente rechazo.

En cuanto a la calidad, se debe asegurar que el producto fabricado por Schmidt Clemens Spain cumpla con los requisitos y tolerancias exigidas por el cliente, por lo que el puesto de enderezado puede ser problemático en el caso de que el trabajo no sea realizado por un operario experimentado que garantice y sea consciente de estos mínimos de calidad exigidos.

Referente al tema de seguridad, el cuál puede ser uno de los temas más importantes para la empresa en este aspecto, el trabajo manual realizado hoy por hoy en el puesto de enderezado podría generar accidentes a los operarios debidos principalmente a atrapamientos y caídas; o a lesiones musculares por adoptar posiciones de trabajo poco ergonómicas al manipular los tubos de forma manual. Aún así, cabe mencionar, que en el presente año no han existido accidentes con baja en el puesto de enderezado.

### 3.6.2. Posibles soluciones.

Ante los posibles problemas que puedan darse en el puesto de enderezado de la empresa localizada en Murieta se pueden definir las posibles soluciones.

En cuanto al tema de seguridad, los problemas anteriormente citados pueden suprimirse mediante la automatización del transporte de tubos a través de los bancos. El recorrido que es necesario automatizar fundamentalmente es el que vincula la salida de la máquina de granallar con la máquina de enderezado.

Este transporte automático puede realizarse a través de diferentes mecanismos tales como cadenas, rodillos giratorios, garfios elevadores, etc. De entre todos ellos, el más adecuado para el citado transporte es mediante cadenas por el simple hecho de que los tubos que hay que trasladar aún no han sido enderezados con lo que es posible que estos giren con dificultad. Por tanto, mediante un mecanismo de arrastre con cadenas, similar al que existe en los bancos anteriores a la granalladora, los problemas de seguridad ocasionados son eliminados ya que el operario únicamente accionará una botonera cumpliendo con una distancia de seguridad más que suficiente.



*Mecanismo de arrastre con cadenas.*

Productivamente, los problemas generados en el puesto de enderezado pueden descartarse en el caso de que se automaticen los procesos de enderezado, marcado y medición. De esta forma, se evitarán ineficiencias en la producción y retrasos o pérdidas de tiempo. Además, con esta solución se logrará reducir los tiempos del proceso de granallado-marcado-medida-enderezado de los tubos, lo cual supondrá un aumento en la producción y la independencia de tener en todo momento un operario experimentado.

En lo que a la calidad del producto se refiere, todos los productos que avancen hacia el puesto de líquidos penetrantes van a satisfacer los requisitos de calidad mínimos exigidos. Esto se cumplirá con toda seguridad porque al haber automatizado la máquina enderezadora ya no existirá la contribución subjetiva por parte del operario encargado en enderezar el tubo en la máquina enderezadora actual.

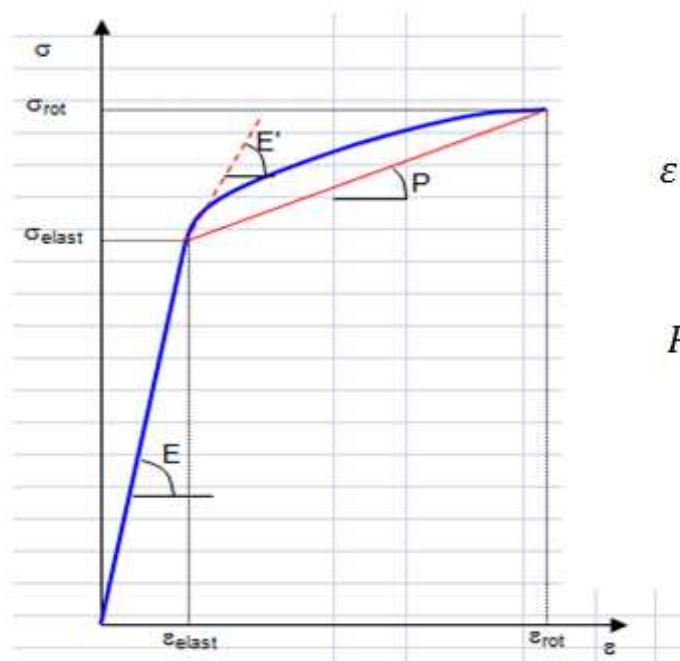
## 4. TEORÍA DE ENDEREZADO.

En este apartado se realizará un estudio teórico para el cálculo de las máximas flechas elásticas que presentan los diferentes productos que se pretenden enderezar. De esta manera se conseguirá saber la flecha mínima que es necesario aplicar para que los tubos sean deformados plásticamente.

Para la realización de este estudio y sus cálculos pertinentes deberán tenerse en cuenta diversos factores tales como dimensiones de los tubos, propiedades de los materiales, propiedades mecánicas, así como ciertos conocimientos en elasticidad y resistencia de materiales.

### 4.1 Curva tensión vs deformación.

En primer lugar, como el objetivo de este estudio es hacerse una idea de los valores de las flechas con las que se va a trabajar, es necesario comentar que se ha linealizado la parte plástica de la deformación con el fin de facilitar los cálculos. Por tanto, los cálculos realizados no tendrán exactitud pero serán orientativos.



$$\varepsilon_{elast} = \frac{\sigma_{elast}}{E}$$

$$P = \frac{\sigma_{rot} - \sigma_{elast}}{\varepsilon_{rot} - \varepsilon_{elast}}$$

*Linealización de la deformación plástica.*

De esta manera, como puede observarse en la imagen anterior, la curva tensión vs deformación pasará a ser la unión de dos rectas de diferentes pendientes. La primera de ellas será la recta correspondiente a la deformación elástica cuya pendiente es el módulo de elasticidad ( $E$ ); y la segunda corresponderá a la deformación plástica y su pendiente será llamada módulo de plasticidad ( $P$ ). Como puede verse en la ecuación anterior representada, la linealización de la deformación plástica, solamente consiste en la unión del punto de fractura y el límite elástico.

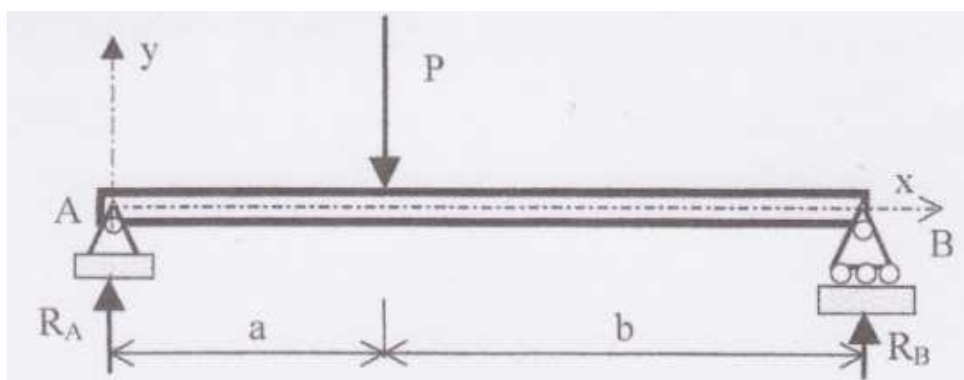
En la zona plástica, al ser una curva, cada determinada deformación tiene una pendiente diferente, hecho que dificulta los cálculos del comportamiento plástico. En este estudio se adentrará un pequeño porcentaje en la deformación plástica, por lo que, como puede observarse en la gráfica anterior, el módulo de plasticidad calculado ( $P$ ) no se correspondería para nada con el módulo de plasticidad inicial que presentaría el producto. Luego, para realizar un cálculo con mayor precisión, se debería definir un módulo de plasticidad inicial de nuestro producto ( $E'$ ). Sin embargo, esto resulta muy complejo y el estudio de la plasticidad no es el fundamento del proyecto.

## 4.2 Modelo de flexión.

El caso estudiado es un modelo de flexión isostático sencillo de una viga biapoyada con una carga puntual. Se va a proceder a estudiar el caso en cuestión calculando en primer lugar los esfuerzos y luego las ecuaciones de los desplazamientos. Esta información permite determinar las tensiones y deformaciones del producto sometido a una flexión simple. En este caso se desprecia el peso del producto.

### 4.2.1 Caso general

En este caso el punto en el cual es sometida la carga puntual no está determinado, con lo cual el caso en cuestión puede representarse de la siguiente manera.



De esta forma, con los valores representados en la imagen se procederá a calcular las reacciones, los esfuerzos cortantes, los momentos flectores y los desplazamientos o flechas.

➤ Cálculo de reacciones.

Como se puede observar solo hay componentes verticales, luego haciendo un sumatorio de fuerzas y de momentos respecto del punto B se determina:

$$\sum F_{ext} = 0 \rightarrow R_A + R_B - P = 0$$

$$\sum M_{ext-B} = 0 \rightarrow R_A \cdot L - P \cdot b = 0$$

Luego se tendrá que los valores de las reacciones serán:

$$R_A = \frac{P \cdot b}{L} \leftrightarrow R_B = \frac{P \cdot a}{L}$$

➤ Cálculo de esfuerzos cortantes.

La ley de esfuerzos cortantes será distinta a cada uno de los lados de la carga, así:

$$0 \leq x \leq a \rightarrow T_{x1} = R_A = \frac{P \cdot b}{L}$$

$$a \leq x \leq a + b \rightarrow T_{x2} = R_A - P = -R_B = -\frac{P \cdot a}{L}$$

➤ Cálculo de momentos flectores.

Según las leyes de los momentos flectores:

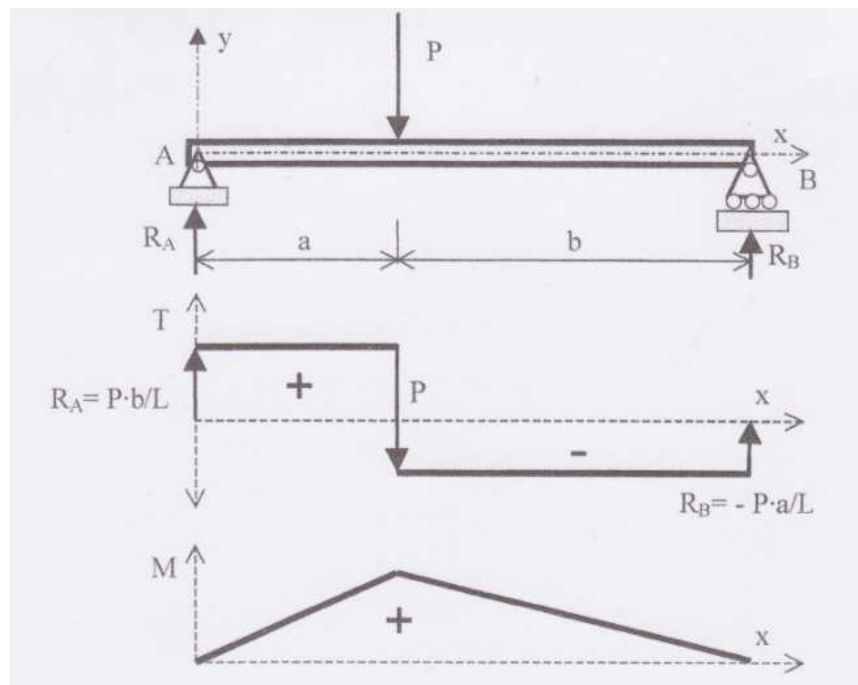
$$0 \leq x \leq a \rightarrow M_{x1} = R_A \cdot x = \frac{P \cdot b}{L} \cdot x$$

$$a \leq x \leq a + b \rightarrow M_{x2} = R_A \cdot x - P \cdot (x - a) = \frac{P \cdot a}{L} \cdot (L - x)$$



Aunque no sea el caso, en temas de diseño, es importante conocer aquella sección en la que la tensión es máxima. Las tensiones críticas en flexión simple se producen por el momento flector (siempre que las tensiones cortantes sean poco significativas). Como la sección es constante, la tensión máxima será el valor máximo en valor absoluto de todos los tramos. En este caso el valor máximo es  $M_{max} = \frac{P \cdot a \cdot b}{L}$ ; cuya sección está situada en  $x = a$  que corresponde con la localización de la carga.

En la siguiente imagen se puede observar los esfuerzos cortantes y los momentos flectores a lo largo de todas secciones del tubo. Como puede divisarse, el momento flector máximo se localiza en el punto de aplicación de la carga.



*Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores.*

## ➤ Determinación de la flecha.

Conociendo la ecuación diferencial aproximada de la línea elástica se podrá calcular la flecha integrando dos veces e imponiendo dos condiciones de contorno de la siguiente manera:

Ecuación diferencial aproximada de la línea elástica:  $M_Z = E \cdot I_Z \cdot \ddot{y}$

$$0 \leq x \leq a$$

$$\begin{aligned} M_Z = E \cdot I_Z \cdot \ddot{y}_1 &= \frac{P \cdot b}{L} \cdot x \rightarrow E \cdot I_Z \cdot \dot{y}_1 = \frac{P \cdot b}{2L} \cdot x^2 + C_1 \\ &\rightarrow E \cdot I_Z \cdot y_1 = \frac{P \cdot b}{6L} x^3 + C_1 \cdot x + K_1 \end{aligned}$$

$$a \leq x \leq a + b$$

$$\begin{aligned} M_Z = E \cdot I_Z \cdot \ddot{y}_2 &= \frac{P \cdot b}{L} \cdot x - P \cdot (x - a) \rightarrow \\ &\rightarrow E \cdot I_Z \cdot \dot{y}_2 = \frac{P \cdot b}{2L} \cdot x^2 - \frac{P \cdot (x - a)^2}{2} + C_2 \rightarrow \\ &\rightarrow E \cdot I_Z \cdot y_2 = \frac{P \cdot b}{6L} x^3 - \frac{P \cdot (x - a)^3}{6} + C_2 \cdot x + K_2 \end{aligned}$$

La viga al ser continua (no hay rótulas ni articulaciones intermedias), tiene deformada o línea elástica continua; por tanto en todos los puntos la línea elástica tiene un solo valor y la tangente es única. También se cumple que en los apoyos la deformación es nula. Estas consideraciones dan las condiciones de contorno para evaluar las constantes de integración. Estas son:

Condiciones de continuidad:

$$\dot{y}_1(a) = \dot{y}_2(a) \rightarrow \frac{P \cdot b}{2L} a^2 + C_1 = \frac{P \cdot b}{2L} a^2 + C_2; \text{ de donde } C_1 = C_2$$

$$y_1(a) = y_2(a) \rightarrow \frac{P \cdot b}{6L} a^3 + C_1 \cdot a + K_1 = \frac{P \cdot b}{6L} a^3 + C_2 \cdot a + K_2;$$

$$\text{de donde } K_1 = K_2$$

Condiciones de los apoyos

$$y_1(0) = 0 \rightarrow K_1 = 0$$

$$y_2(l) = 0 \rightarrow 0 = \frac{P \cdot b}{6L} L^3 - \frac{P \cdot (L-a)^3}{6} + C_2 \cdot L; \text{ de donde } C_2 = \frac{P \cdot b}{6L} (b^2 - L^2)$$

Así la ecuación elástica es:

$$0 \leq x \leq a \rightarrow E \cdot I_Z \cdot y_1 = \frac{P \cdot b}{6L} x^3 + \frac{P \cdot b}{6L} (b^2 - L^2) \cdot x$$

$$a \leq x \leq a + b \rightarrow E \cdot I_Z \cdot y_2 = \frac{P \cdot b}{6L} x^3 + \frac{P \cdot b}{6L} (b^2 - L^2) \cdot x - \frac{P \cdot (x-a)^3}{6}$$

Y la ecuación de ángulos:

$$0 \leq x \leq a \rightarrow E \cdot I_Z \cdot \dot{y}_1 = \frac{P \cdot b}{2L} x^2 + \frac{P \cdot b}{6L} (b^2 - L^2)$$

$$a \leq x \leq a + b \rightarrow E \cdot I_Z \cdot \dot{y}_2 = \frac{P \cdot b}{2L} x^3 + \frac{P \cdot b}{6L} (b^2 - L^2) - \frac{P \cdot (x-a)^2}{2}$$

La flecha corresponde a un valor de  $x_f$  tal que  $\dot{y}(x_f) = 0$ . De las posibles soluciones que se pueden obtener sólo son válidas las que corresponden al intervalo de la viga. Así:

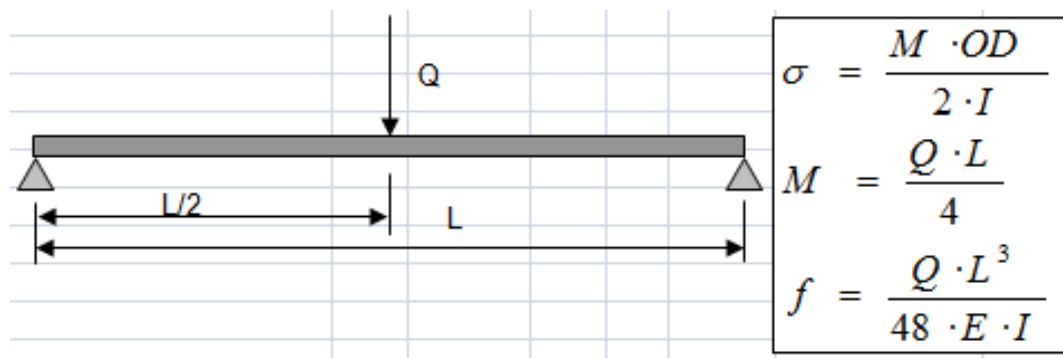
$$E \cdot I_Z \cdot \dot{y}_1 = \frac{P \cdot b}{2L} x_f^2 + \frac{P \cdot b}{6L} (b^2 - L^2) = 0 \rightarrow x_f = \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}} ;$$

se hace para el tramo  $a \leq x \leq a + b$ , y se ve que el valor está fuera del tramo considerado, siempre que  $a > b$ . Así la flecha tiene valor único en el tramo mayor, en este caso en el tramo  $0 \leq x \leq a$ . La flecha vale:

$$y_{max} = f = -\frac{P \cdot b}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot E \cdot I_Z} \sqrt{(L^2 - b^2)^3}$$

## 4.2.2 Carga puntual en el centro.

En el procedimiento de enderezado de tubos normalmente se acciona el pistón hidráulico en el punto central del tubo y en los extremos. En este apartado se van a calcular la tensión, el momento y la flecha elástica que se produce si se aplica una carga puntual en el centro del tubo. De la misma manera podría realizarse para los extremos conociendo la distancia a la cual se acciona el pistón.



(OD = Diámetro externo)

En el diagrama anterior se pueden observar los valores del caso estudiado. Estas ecuaciones han sido obtenidas al sustituir en las ecuaciones desarrolladas en el apartado anterior los valores siguientes:

$$a = \frac{L}{2} \quad b = \frac{L}{2} \quad P = Q$$

## 4.3 Flecha máxima elástica y de rotura.

En el siguiente apartado se va a calcular la máxima flecha elástica y la flecha a la que se produce la rotura del tubo en la sección central. Para obtener las expresiones correspondientes se partirá de las ecuaciones expresadas anteriormente, las cuales son las siguientes:

$$M = \frac{Q \cdot L}{4}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot OD}{2 \cdot I} \quad \rightarrow \quad I = \frac{M \cdot OD}{2 \cdot \sigma} \quad \rightarrow \quad I = \frac{Q \cdot L \cdot OD}{8 \cdot \sigma}$$

Sustituyendo la expresión alcanzada del momento de inercia en la siguiente expresión, se llegará a:

$$f = \frac{Q \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad \rightarrow \quad f = \frac{\sigma \cdot L^2}{6 \cdot E \cdot OD}$$

De esta manera se podrá calcular la flecha elástica máxima ( $f_{elast}$ ) y la flecha de rotura ( $f_{rot}$ ). Para la primera de ellas únicamente basta con sustituir la tensión por la tensión elástica máxima, la cual separa las zonas de deformación elástica y plástica. Y para la segunda de ellas habrá que sumar la flecha elástica máxima y la flecha debida a la totalidad de la deformación plástica. De esta manera quedarán:

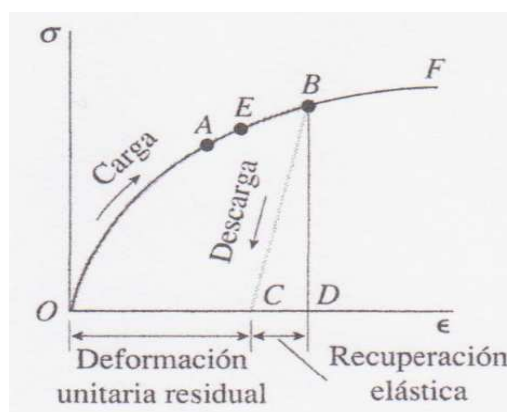
Flecha elástica máxima:  $f_{elast} = \frac{\sigma_{elast} \cdot L^2}{6 \cdot E \cdot OD}$

Flecha de rotura:  $f_{rot} = f_{elast} + \frac{(\sigma_{rot} - \sigma_{elast}) \cdot L^2}{6 \cdot P \cdot OD}$

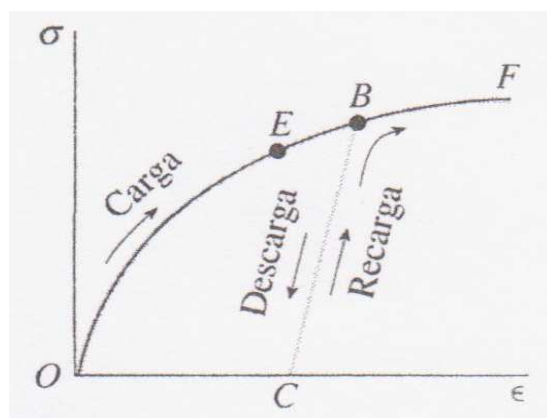
## 4.4 Deformación plástica

En el procedimiento de enderezado estudiado se deben producir deformaciones plásticas, con el fin de que estas sean permanentes a lo largo de la vida del producto. Por tanto, en este apartado se van a realizar ciertas puntualizaciones sobre el comportamiento plástico de los materiales y sus propiedades.

Como es sabido, en la curva esfuerzo-deformación se tiene una región elástica seguida de una deformación plástica. Si se está trabajando con un material y este permanece dentro del intervalo elástico, puede cargarse, descargarse y volver a cargar sin un cambio significativo en su comportamiento; sin embargo, cuando se carga en el intervalo plástico, la estructura interna del material se altera y sus propiedades cambian; por ejemplo, el material presentará una deformación unitaria permanente después de descargarla desde la región plástica.



Suponiendo que el material es recargado después de tal descarga. La nueva carga comienza en el punto C sobre el diagrama representado y continúa hacia arriba hasta el punto B, el punto en que comenzó la descarga durante el primer ciclo de carga. Una vez pasado el punto B el material sigue el diagrama original de esfuerzo-deformación hacia el punto F. Para la segunda carga se puede imaginar que se tiene una nueva curva esfuerzo-deformación con su origen en el punto C.



Durante la segunda carga, el material se comporta de manera lineal elástica de C a B, donde la pendiente de la línea CB es la misma que la pendiente de la tangente a la curva original de carga en el origen O. El límite proporcional está ahora en el punto B, que es un esfuerzo mayor que el límite elástico original (punto E). Así entonces, al deformar un material en la región plástica, las propiedades de este son alteradas; la región elástica lineal se incrementa y los límites proporcional y elástico se elevan; sin embargo, la ductilidad se reduce porque en el “nuevo material” la cantidad de fluencia más allá del límite elástico (de B a F) es menor que en el material original (de E a F).

A esta propiedad o comportamiento del material descrito en los párrafos anteriores se le conoce como acritud. La acritud es producida por llevar a cabo una deformación en frío, la cual provoca un aumento en la rigidez, el límite elástico y la dureza.

Estas alteraciones en los materiales que han sido deformados plásticamente en frío han de ser tenidas en cuenta en el enderezado de tubos, ya que es importante saber que al accionar el pistón hidráulico y deformar plásticamente el tubo, el límite elástico de éste ha aumentado. Por tanto, estos conocimientos serán de gran ayuda para la elaboración y segregación del programa automático.

## 5. NUEVA PROPUESTA.

Esta es la sección auténticamente ingenieril del Proyecto Fin de Carrera, en ella se va a estudiar el mercado actual existente de máquinas enderezadoras de tubos, y se va a diseñar la nueva máquina.

### 5.1 Funciones de la máquina.

Como ya se ha comentado con anterioridad, el principal objetivo de este estudio es la automatización de las diferentes acciones llevadas a cabo en el puesto de enderezado. Estas funciones de la máquina enderezadora de tubos objeto de estudio principalmente son las siguientes:

- En primer lugar, esta máquina debe conseguir que los tubos salientes del puesto de enderezado contengan una geometría con la menor desviación posible.
- El transporte de los tubos debe realizarse de forma automática, no manualmente por parte del operario, para evitar lesiones o atrapamientos.
- Comprobación de que los tubos contienen un diámetro que entra dentro de la tolerancia permitida.
- Ejecución del marcado de tubos. En esta acción los números a marcar serán los exigidos por el cliente (nº de pedido, nº de posición, nº de tubo, nº de colada, etc.)

Todas estas acciones deben ser controladas a través de una botonera por el operario que trabaja en el puesto descrito.

### 5.2 Mercado actual

En este apartado se va a efectuar una visión general del mercado internacional existente en este sector industrial.

#### 5.2.1 Requerimientos del producto.

Los productos fabricados por la empresa SCHMIDT CLEMENS SPAIN cumplen con ciertos requisitos garantizados. Algunos de estos requerimientos generales son: una composición adecuada, una microestructura adecuada, una mínima calidad garantizada, etc.



En lo que respecta a los requerimientos que debe cumplir el producto al salir del puesto de enderezado, estos son generalmente tres: poseer un marcado claro y legible, certificar el control dimensional y conseguir que la desviación sea inferior a 1 mm por cada metro de tubo.

## 5.2.2 Máquinas de enderezado disponibles en el mercado.

En general, el mercado actual de máquinas de enderezado es muy amplio, destacando la existencia de gran cantidad de maquinas de enderezado mediante rodillos. De la misma manera, existen un gran número de máquinas de enderezado con prensa hidráulica. Sin embargo, el número de empresas dedicadas a la elaboración de este tipo de máquinas que trabajen de forma automática es muy reducido.

Algunas de las marcas especializadas en la fabricación de máquinas de enderezado con prensa hidráulica son: RIAT, KIESERLING, MANNESMANN, TRANSFLUID, MACRI, TAURINGROUP, etc.

Por otro lado, una de las pocas marcas que destaca por la confección de este tipo de máquinas automáticas es la empresa alemana MAE. Ésta es una empresa mediana y familiar fundada en 1931, la cual se ha especializado en la construcción de prensas hidráulicas desde los años 1950.

La empresa MAE, con su serie patentada ASV, tienen desarrollado por primera vez una máquina enderezadora diseñada para satisfacer los requisitos de los fabricantes de piezas de gran tamaño. Ésta serie es capaz de cubrir un amplio espectro de producción, pudiendo trabajar con piezas de longitudes de hasta 14.000 mm y diámetros de hasta 500 mm y con fuerzas de hasta 10.000 kN.

Los datos con los que trabaja la serie ASV son:

- Longitudes de pieza desde 500 hasta 14.000 mm.
- Diámetros de pieza de 30 a 500 mm.
- Fuerzas de presión desde 400 hasta 10.000 kN.

Algunas de las características innovadoras que hacen fascinante la serie ASV patentada por MAE son las enumeradas a continuación:

- BiPAC: Unidad del pistón hidráulico utilizado con bombas de engranajes internos y con el concepto de variador de velocidad. Sus ventajas son:
  - Funcionamiento silencioso y bajo consumo de energía.
  - Máxima precisión de la posición (0,002 mm).
  - Mínimo mantenimiento gracias a su sencillo diseño.

- Cambio totalmente automático: Para hacer el cambio más rápido y fácil, MAE ha desarrollado nuevos conceptos de cambio. Las diferentes opciones son:
  - Ordenador controlado con ajuste de la distancia del yunque.
  - Ajuste automático de la altura de la pieza de trabajo.
  - Sujeción automática de la pieza de trabajo y sondas o detectores de medida.
  - Ordenador que controla el movimiento axial de la pieza y las sondas de medida.
  
- Carga y descarga: manual o automático: Como la cabeza de enderezamiento se puede mover lateralmente más allá del extremo de la pieza de trabajo, la carga y descarga manual es fácil con dispositivos de elevación o, alternativamente, grúas pórtico o robots.
  
- Cabeza de enderezado móvil con mesa integrada: El compacto de la cabeza de enderezado, en forma de C, lleva el pistón, la mesa y los yunques. Se puede mover detrás de la pieza de trabajo cuando sea necesario. La integración de la mesa asegura que el flujo de la fuerza permanezca en el marco con forma de C. Sus ventajas son:
  - Baja necesidad de espacio.
  - Uso de sólo dos yunques independientemente de la longitud de la pieza.
  - Requiere un cambio mínimo.
  - Distancia del yunque ajustable automáticamente (opcional).
  
- Sujeción y medición independiente de la mesa de la prensa hidráulica: Porta piezas y sondas de medición con compactas guías lineales apoyadas en rodamientos de contacto están instalados en el bastidor de la máquina de base fija, la cual no está afectada por la fuerza de enderezado. Sus ventajas son:
  - Los resultados de medición son óptimos.
  - Ajuste longitudinal fácil y rápido para el cambio.
  - No quitar componentes, incluso con grandes diferencias de longitud.
  
- RICOS, el controlador del enderezado: El controlador del enderezamiento RICOS es la suma de la experiencia adquirida en más de 650 máquinas de enderezado MAE. La preparación del software es una

actividad principal de MAE, donde numerosas ideas innovadoras forman un paquete completo único:

- PC industrial robusto con pantalla de 15" LC.
- Sistema operativo Windows XP.
- Pre enderezado y Post enderezado libremente configurable.
- Enderezado en secciones y/o a lo largo de toda la longitud.
- Concepto de rectificación continua (patentes de MAE): Medición y enderezado a lo largo de la longitud de una barra entera con una sola sonda y dos yunques.
- Cálculo de la profundidad de carrera con las funciones autodidactas.
- Filtración de las irregularidades de la superficie y de la forma.

Además, una amplia gama de innovadoras funciones adicionales han sido realizadas para el enderezado de largas barras de acero:

- Aceptación de datos de la geometría por el equipo maestro.
- Adaptación automática del programa de enderezado.
- Estrategias especiales para enderezar aceros de alta resistencia.
- Resultados de enderezado gráficos para todos los aceros enderezados.
- Compensación de doblado y vibración.

- Cambio totalmente automático: Las barras de acero con frecuencia se enderezan en lotes individuales. Por medio de soluciones técnicas innovadoras, la serie ASV se puede restablecer controlada por el ordenador en el menor tiempo posible sin ninguna intervención manual:
- Servomotor de ajuste de la distancia del yunque.
  - Ajuste automático de la altura y longitud de las piezas de trabajo.
  - Adaptación automática de los programas de enderezado con secciones y longitudes distintas.



*Máquina enderezadora ASV*

*Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.*

Una vez comentada la serie ASV, se va a pasar a definir la máquina enderezadora ASV 1000, la cual es catalogada por el fabricante como potente, dinámica y precisa.

En el año 2002, MAE presenta con su tecnología patentada de la serie ASV la primera máquina de enderezado de piezas largas, la cual endereza automáticamente piezas de longitudes de hasta 4000 mm con fuerzas de enderezado de hasta 1600 kN.

Tras su éxito en el mercado, la gama de aplicaciones aumentaron. Desde el año 2005, la ASV 1000, con 10.000 kN, es la máquina más grande de enderezado automático del mundo, y además endereza barras redondas y cuadradas con un máximo de 500 mm de sección y 28.000 mm de longitud.

Los componentes principales que presenta la máquina enderezadora ASV 1000 son las citadas posteriormente:

➤ Cabeza de enderezado móvil.

El compacto de la cabeza en forma de C, lleva el pistón, la mesa de enderezado y los yunques. Se puede mover detrás de la pieza de trabajo, siendo controlado por un ordenador. Debido a la integración de la mesa, las fuerzas ejercidas permanecen en la estructura en forma de C.

➤ Soportes de piezas.

Los nuevos soportes se regulan automáticamente a la altura y pueden moverse a lo largo de la bancada accionados por un motor. Todos los rodillos de apoyo son conducidos y accionados; y las barras extremadamente curvadas son giradas de forma fiable.

➤ BiPAC: Reinventando hidráulica.

Los sistemas hidráulicos de accionamiento con velocidad variable de la bomba garantizan una máxima precisión de la posición, un bajo nivel de ruido en la operación, el mínimo consumo de energía y muy bajo mantenimiento.

Las principales características de la máquina enderezadora ASV 1000 son las siguientes:

- Precisión en el enderezado de una nueva calidad.

En comparación con las prensas de enderezado usuales, controladas manualmente, la calidad del enderezado automático puede aumentar considerablemente. La precisión de alrededor de 0,4 mm/m es fácilmente accesible para esta máquina y se puede documentar de forma individual de cada barra. El proceso de rectificación continua MAE garantiza también un 80% en la reducción de tiempos de enderezado y pequeñas mejoras para el posterior mecanizado.

- Precisión y robustez.

La integración de una máquina automática de enderezado por flexión en el duro ambiente de una empresa de fundición era un desafío particular. Diseñada con los requisitos de “acerías” en la mente, todos los componentes sensibles superaron con éxito la prueba práctica.

- Carga y descarga: manual o automática.

Como ya ha sido comentado con anterioridad, la cabeza de enderezado puede moverse lateralmente más allá del extremo de la pieza de trabajo. Por tanto, la carga y descarga puede llevarse fácilmente a cabo de forma manual o de forma automática mediante equipos de elevación o manipuladores de carga. La integración en una línea de producción también es posible.



Con respecto a la serie ASV en general, los datos y conclusiones más importantes que se pueden extraer son:

- Tiempos de ciclo reducidos, consiguiendo una mayor productividad.
- Gran flexibilidad gracias a los cambios rápidos.
- Bajo costo de la herramienta de enderezado (sólo dos yunques).
- Fácil carga y descarga debido al libre acceso a la pieza de trabajo.
- Posibilidad de tener una producción automatizada.
- Es innovadora con bajos niveles de ruido y bajo consumo de energía.
- Uso del controlador RICOS, el cual es flexible en proceso de enderezado.

Algunas de las aplicaciones típicas son para husillos, barras para mandrinar, tubos, ejes, rodillos, varillas, guías lineales, tornillos de extrusión, barras de acero, etc.



### 5.3 Carencias de la máquina

Tal y como ya se ha comentado varias veces con anterioridad, el objetivo final de este PFC es la automatización de la máquina y el puesto de enderezado, junto con todos los beneficios y mejoras que ello conlleva.

Los principales motivos por los cuales es necesario modificar el puesto de trabajo y la máquina enderezadora actual con la que se trabaja son las carencias que ésta presenta. Estas necesidades han sido divididas en dos, en función de si han sido derivadas del producto o de los objetivos productivos.

### 5.3.1 Necesidades especiales derivadas del producto.

Los cambios o modificaciones que son necesarios aportar a la máquina enderezadora para poder alcanzar los objetivos descritos son esencialmente los siguientes:

- Sistema de medición que garantice que la curvatura sea menor que la curvatura mínima deseada.
- Aumento de la presión de trabajo del pistón, ya que con la máquina actual algunos tubos son enderezados con dificultad debido a la falta de potencia.
- Desplazamiento horizontal de los rodillos transversales motorizados.
- Diseño de un rodillo superior para asegurar el giro del tubo y posibilitar la medición de la curvatura.
- Cabeza enderezadora con movimiento más allá del extremo del tubo, para facilitar la carga y descarga manual o automática.

### 5.3.2 Necesidades derivadas de los objetivos productivos.

Antes de enumerar las necesidades que la máquina requiere derivadas de los objetivos productivos, van a ser citados los objetivos productivos. Estos fundamentalmente son:

- Reducir los tiempos de ciclo.
- Aumentar la productividad.
- Evitar errores humanos.
- Gran flexibilidad: Gracias a la inserción de los gráficos en la memoria del sistema.
- Carga y descarga de forma rápida y automática: De esta manera, además, se conseguirán evitar lesiones por posiciones de trabajo poco ergonómicas adoptadas por el operario y lesiones por caídas o atrapamientos.
- Producción automatizada: Algunas de las ventajas que ello conlleva son la mejora de la calidad del producto, la reducción del tiempo de manufactura, el menor número de rechazos, etc.
- Minimizar los niveles de ruido y de consumo de energía.



Una vez conocidos los objetivos productivos se pasará a definir las necesidades de la máquina y el puesto de enderezado derivadas de éstos:

- Sistema de programación automática que lleve a cabo unas acciones (salidas) en función de las entradas recibidas.
- Transporte de tubos automático mediante mecanismos de arrastre con cadenas para mejorar la seguridad y evitar lesiones del operario.
- Marcado de tubos y control dimensional automáticos para evitar errores humanos y reducir el tiempo de ciclo.
- Modificación del lay-out del puesto de trabajo para eliminar transportes innecesario reduciendo así el tiempo de ciclo e incrementando la productividad.

### 5.4 Diseño de la máquina.

#### 5.4.1 Descripción de la máquina actual.

Como ya ha sido comentado anteriormente en el apartado 3. Recopilación de datos, la enderezadora objeto de estudio es una máquina muy antigua, ya que fue fabricada en los años 60, y ha permanecido entre la maquinaria de Schmidt Clemens Spain desde su fundación en el año 1974. Como es de esperar esta máquina ha sufrido numerosas modificaciones desde su creación, aunque el grueso del conjunto sigue siendo el mismo. La mayor parte de las modificaciones están relacionadas con la instalación de nuevos sistemas de seguridad como barras, células láser, etc.

La máquina enderezadora de tubos tiene diferentes componentes, de los cuales, los principales son:

- ❖ Banco  
Es el elemento fabricado en acero que soporta y da estabilidad al resto de componentes.
- ❖ Raíles.  
Sirve como apoyo y guía para el elemento horizontal móvil.
- ❖ Carro.  
Es el elemento horizontal móvil que transporta el pistón a lo largo de toda la longitud del tubo para poder enderezarlo mediante el accionamiento de este. El transporte se consigue mediante un sistema de piñón-cremallera y un motor de 0.75 KW.
- ❖ Viga.  
Componente que sirve para elevar los tubos con un cilindro neumático y así poder introducirlos y extraerlos de la enderezadora. Para ello, posee

unos rodillos no accionados, con lo que el transporte debe realizarse manualmente.

❖ Cilindro vertical.

Cilindro neumático anclado al suelo y en cuyo extremo va anclado al cabezal accionado. Al accionar este cilindro, el cabezal es girado alrededor de 90° con lo que se permite introducir y extraer longitudinalmente el tubo de la máquina.

❖ Cabezal.

Elemento fabricado en acero, el cual sirve como tope al introducir los tubos en la enderezadora.

❖ Cabeza accionado por cilindro neumático.

Componente móvil fabricado en acero que mediante el accionamiento de un cilindro neumático se presiona el tubo entre los dos cabezales.

❖ Rodillo longitudinal.

Rodillo accionado mediante un motor de 1.1 KW el cual introduce y extrae los tubos en la enderezadora.

❖ Rodillos transversales.

- Motorizados.

Pareja de rodillos moleteados accionados con un motor de 0.25 KW. Sirven para hacer girar el tubo y así poder medir la curvatura que posee.

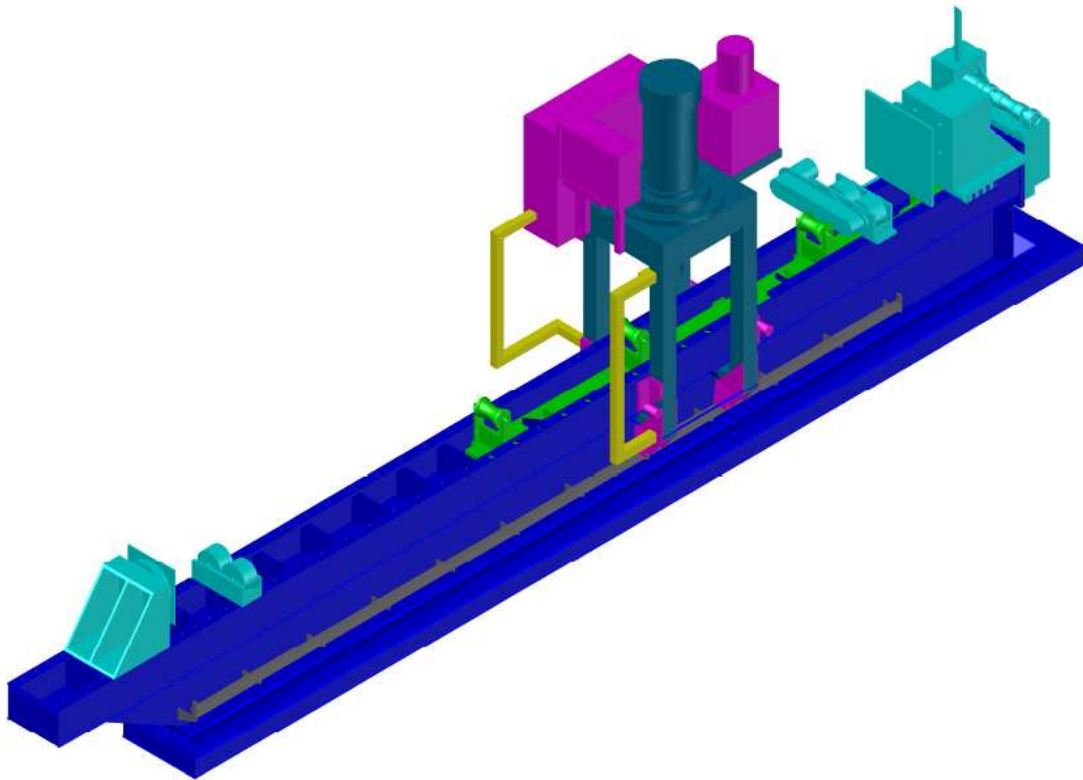
- No motorizados.

Pareja de rodillos moleteados que sirven como apoyo cuando el tubo está girando.

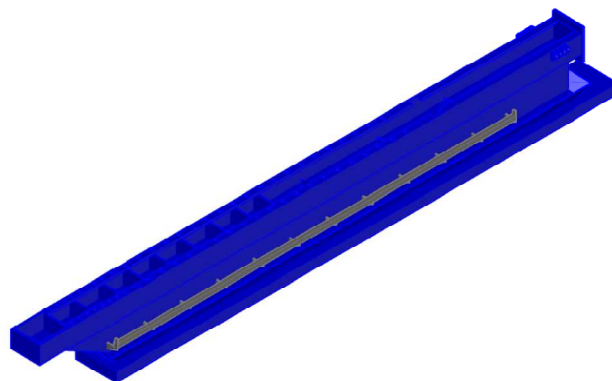
Respecto a la máquina enderezadora de tubos de aleaciones especiales se han realizado numerosos planos, los cuáles pueden verse en su totalidad en el anexo A8: Planos de la máquina enderezadora de tubos.

En el anexo se tiene el plano de la enderezadora en su totalidad y también se ha realizado un despiece, por lo que se pueden observar todos los componentes por separado. Los títulos y la localización de los planos es la siguiente:

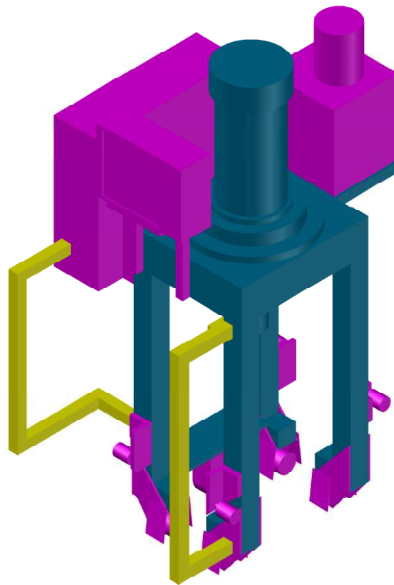
- Plano ENDEREZADORA DE TUBOS: A8.1.



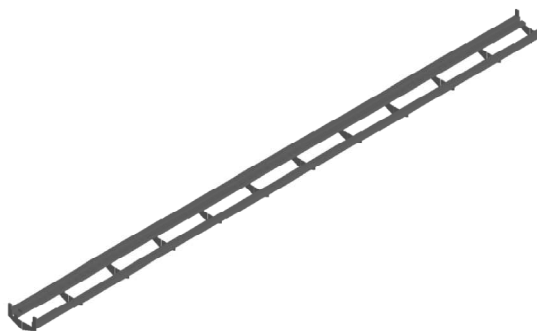
- Plano BANCO: A8.2.



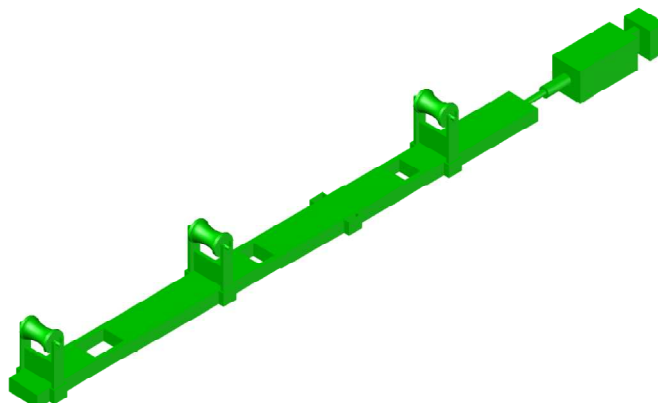
- Plano CARRO: A8.3.



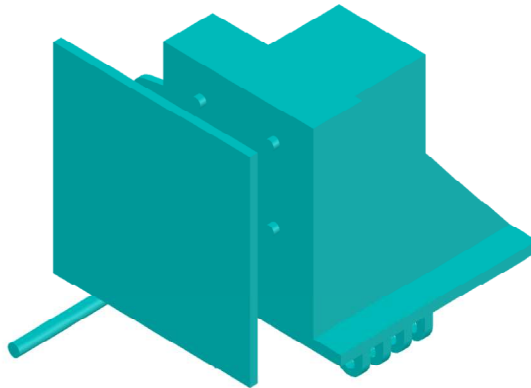
- Plano RAÍLES: A8.4.



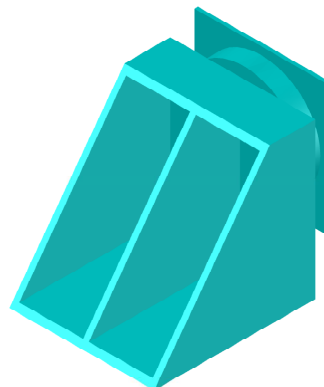
- Plano VIGA: A8.5.



- Plano CABEZAL ACCIONADO: A8.6.



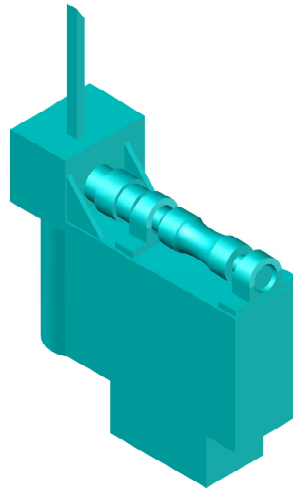
- Plano CABEZAL: A8.7.



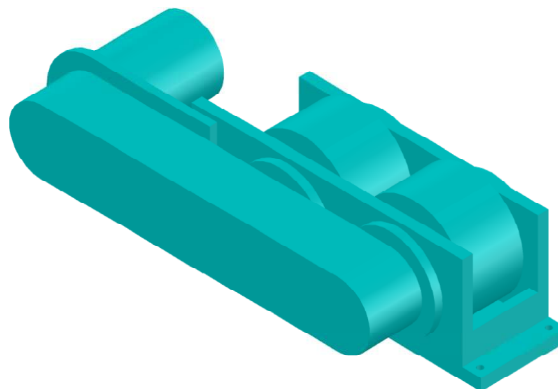
- Plano CILINDRO VERTICAL: A8.8.



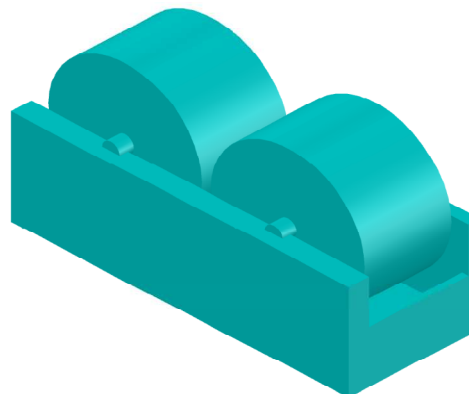
- Plano RODILLO LONGITUDINAL: A8.9.



- Plano RODILLO TRANSVERSAL MOTORIZADO: A8.10.



- Plano RODILLO TRANSVERSAL: A8.11.



### 5.4.2 Problemas y limitaciones.

Los problemas y limitaciones que posee la máquina enderezadora con la que se trabaja actualmente en la empresa afincada en Murieta, Schmidt Clemens Spain son esencialmente estos:

- ❖ Mala distribución de la máquina enderezadora dentro del puesto de trabajo, ya que en cada proceso de enderezado de cada tubo se realiza un movimiento perpendicular a la línea de producción innecesario. Luego basándose en el tipo de producción “Just in time” se deberá eliminar esta acción, la cual no aporta valor al producto.
- ❖ Limitación del espacio existente en planta para el puesto de enderezado, ya que al encontrarse entre otra maquinaria el espacio no puede acrecentarse.
- ❖ La máquina de enderezado debe estar ocupada por un operario con experiencia en el puesto de trabajo ya que si no pueden acontecer problemas a nivel general de la fábrica. Estos problemas pueden derivarse tanto a nivel productivo, como de calidad y seguridad.

A nivel productivo, pueden generarse embudos o cuellos de botella en el puesto de enderezado, lo que supone consiguientes retrasos e ineficiencias en el proceso productivo pudiendo ocasionar paradas en procesos posteriores como pueden ser el mecanizado o la soldadura del producto.

En cuanto a calidad, debe asegurarse que los productos fabricados en la empresa cumplen con los requisitos y tolerancias exigidas por el cliente, por lo que este puesto de trabajo puede ser problemático en el caso de que el trabajo no sea realizado por un operario experimentado que garantice y sea consciente de estos mínimos de calidad exigidos por las empresas exteriores.

En lo referente a seguridad, el trabajo manual vigente realizado en el puesto de enderezado puede generar accidentes a los operarios debidos fundamentalmente a caídas o atrapamientos. También puede originar lesiones musculares a los operarios por adoptar posiciones poco ergonómicas en el transporte de tubos de forma manual.



- ❖ El presente aparato permite la posibilidad de que los operarios que estén trabajando efectúen equivocaciones o errores humanos, tanto en el marcado, en la medición o en el enderezado de tubos. Si se han medido de manera errónea los tubos, esto puede suponer ciertas ineficiencias productivas como que se mecanicen tubos que van a ser chatarra o que se desechen tubos aptos. Por otro lado, si se marcan de forma equivocada los tubos, esto puede implicar ciertos retrasos o pérdidas de tiempo en el cómputo global del proceso productivo; o la mala fabricación del producto con su consiguiente rechazo.
- ❖ Al presentarse tubos con una notable curvatura a la máquina enderezadora actual, ésta es incapaz de hacer girar el tubo por sí sola. Luego, es el operario el que debe girar este tipo de tubos con la ayuda de ciertas herramientas manuales como llaves inglesas o similares.
- ❖ Con la máquina actual no se conoce la medida de la curvatura final de los tubos, por lo que será el juicio personal del operario el que determine que el tubo está lo suficientemente recto, con la subjetividad que esto puede acarrear.
- ❖ Ante la presencia de ciertos tubos de gran diámetro y de calidades con gran rigidez, el pistón hidráulico actual no es capaz de enderezarlos.

### 5.4.3 Modificaciones necesarias (Hardware).

Para el nuevo diseño de la máquina enderezadora se ha utilizado como modelo la serie ASV de enderezadoras fabricada por la empresa alemana MAE. De este modo, a gran escala, se pretende diseñar una máquina que conste de un banco, un cabezal portador del pistón hidráulico, un rodillo superior y dos rodillos transversales que hagan girar los tubos para que pueda ser medida la curvatura que estos poseen.

Además de los elementos básicos de la máquina enderezadora descritos con anterioridad, en el puesto de enderezado es necesaria la instalación de diferentes sistemas para un correcto funcionamiento, como son el de marcado automático, el de medición de diámetros, el detector láser de medida, el autómatas programable junto con su pantalla; así como mecanismos de arrastre por cadenas y demás sensores de proximidad o barrera fotoeléctrica de seguridad.

Para la consecución de un exitoso diseño, son necesarias ciertas modificaciones en el hardware de la máquina, las cuales son las expresadas a continuación:

- ❖ Cambio de la localización de la máquina, es decir, es necesaria una reorganización del lay-out del puesto de enderezado.
- ❖ Diseño de los elementos de la nueva máquina enderezadora. Éstos principalmente son el cabezal y los rodillos transversales junto con un rodillo superior.
- ❖ Fabricación de un nuevo banco.
- ❖ Instalación de los mecanismos de arrastre con cadenas.
- ❖ Montaje del sistema de marcado “Spray REA JET BLOCK-7”.
- ❖ Instalación del sistema de medición de diámetros a través de láseres “LAP METIS”.
- ❖ Ubicación del detector “LK-501” fabricado por la marca Keyence.
- ❖ Instalación del autómatas SIEMENS S7-300 junto con su pantalla Simatic.
- ❖ Ubicación de varios sensores de proximidad y de la barrera fotoeléctrica de seguridad.

#### 5.4.4 Automatismos.

Como el objetivo principal es la automatización del puesto de enderezado, es de esperar que se implanten un cierto número de automatismos, los cuales realicen o faciliten las acciones del transporte de tubos, medida y marcaje de tubos, y enderezado de los mismos principalmente.

Para ello, es necesaria la aplicación de ciertas tecnologías para realizar la orden y el control de las acciones que debe realizar la máquina enderezadora. Por tanto, la máquina enderezadora va a ser un sistema que contiene sensores, sistemas de control y un software; componentes que conjuntamente son capaces de realizar las tareas usuales en el puesto de enderezado.

### 5.4.4.1 Electrónica y Software.

Como bien es sabido, el software es un conjunto de programas que recoge las instrucciones que controlan y organizan todas las operaciones que debe realizar un computador, de esta manera dirigirá de forma adecuada a los elementos físicos o hardware conectados a él. El software, por tanto, obra como intermediario entre el hardware y el hombre.

Se puede realizar una clasificación básica en la que se puede diferenciar el software de sistema y el software de aplicación.

El software de sistema es el software básico o sistema operativo. Es un conjunto de programas cuyo objeto es facilitar el uso del computador (aísla de la complejidad de cada dispositivo, y presenta al exterior un modelo común de sistema de manejo para todos los dispositivos) y consigue que se use eficientemente (ejemplo: realizar operaciones mientras se ejecuta un programa). Administra y asigna los recursos del sistema (hardware).

Por otro lado, el software de aplicación son los programas que controlan y optimizan la operación de la máquina, establecen una relación básica y fundamental entre el usuario y el computador, hacen que el usuario pueda usar en forma cómoda y amigable complejos sistemas hardware, realizan funciones que para el usuario serían engorrosas o incluso imposibles, y actúan como intermediario entre el usuario y el hardware.

En todos los departamentos de la empresa Schmidt Clemens Spain es utilizado el Windows XP Professional como sistema operativo.

En lo referente a los software de aplicación empleados en el puesto de enderezado para la realización de las tareas habituales han sido el software Simatic STEP-7 Professional para la programación del PLC y el WinCC Flexible para la programación del HMI (Pantalla); ambos software pertenecen a la marca SIEMENS.

## **Simatic STEP-7 Professional.**

SIMATIC STEP 7 es el software de programación más conocido del mundo y el más utilizado en la automatización industrial. Es más: STEP 7 cumple todas las normas.

SIMATIC STEP 7 Professional es idóneo para configurar y programar los controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400 y WinAC; para el control basado en PC. El suministro también incluye SIMATIC WinCC Basic para realizar tareas de visualización sencillas con los SIMATIC Basic Panels.

STEP 7 le ayuda a solucionar las tareas de ingeniería de forma intuitiva y eficiente.

Las funciones como el lazo, Drag & Drop y copiar; agilizan y facilitan el trabajo de forma decisiva. Tanto si utiliza KOP/FUP como si utiliza AWL o el lenguaje textual de alto nivel S7-SCL o bien S7-GRAPH para controles secuenciales: el Totally Integrated Automation Portal convence en todos los pasos de trabajo y programación por su claridad, una guía inteligente del usuario y unos cómodos procesos. El resultado: eficiencia en nueva dimensión.

La librería de bloques adjunta contiene una serie de funciones tecnológicas entre las que figura una regulación PID. Los paquetes opcionales S7-SCL, S7-GRAPH, S7-PLCSim, documentación de instalaciones y TeleService, ya conocidos de STEP 7 V5.5, ya están integrados en STEP 7 Professional y no requieren licencia adicional.



Por tanto, el programa STEP 7 Professional incluye los siguientes paquetes de software:

- Software básico STEP 7
- S7 – Graph
- S7 - SCL
- S7 - PLCSIM

Software básico STEP 7 es la herramienta estándar para sistemas de automatización: SIMATIC S7, SIMATIC C7 y SIMATIC WinAC. Permite al usuario utilizar la capacidad de rendimiento de estos sistemas de forma cómoda y sencilla. STEP 7 incluye funciones convenientes para todas las fases de un proyecto de automatización:

- Configuración y parametrización del hardware.
- Definición de la comunicación.
- Programación.
- Prueba, puesta en marcha y servicio.
- Documental, el archivo.
- Operación / diagnóstico de funciones.

Las diferentes herramientas del programa son:

### *SIMATIC Manager:*

El Administrador SIMATIC gestiona todos los datos pertenecientes a un proyecto de automatización, independientemente del sistema de destino (SIMATIC S7, SIMATIC C7 y SIMATIC WinAC) en el que se aplican.

Proporciona un punto de entrada común para todas las herramientas SIMATIC S7, C7 o WinAC. Las herramientas de software SIMATIC que son necesarias para el procesamiento de los datos seleccionados se inician automáticamente por el Administrador SIMATIC.

### *Symbol Editor:*

Con la herramienta del editor de símbolos se gestionan todas las variables globales (en contraste con los parámetros locales formales que se declaran cuando los bloques están programados). Las funciones disponibles son las siguientes:

- Definición de las denominaciones simbólicas y comentarios para las señales del proceso (entradas y salidas), marcas y bloques.
- Clasificación funciones.
- Intercambio de datos con otros programas de Windows.

Las tablas de símbolos que se generan cuando se utiliza esta herramienta están disponibles para todos los productos de software. Los cambios en un parámetro de símbolo, por lo tanto, son reconocidos automáticamente por todas las herramientas.

## *Configuración del hardware:*

La herramienta de configuración de hardware se utiliza para configurar y parametrizar el hardware utilizado para un proyecto de automatización. Las siguientes funciones están disponibles:

- La configuración de los bastidores de automatización del sistema se seleccionan a partir de un catálogo electrónico y los módulos seleccionados se asignan a las ranuras requeridas en los bastidores.
- La configuración de la distribución de E/S se hace de la misma manera que la configuración de los no distribuidos de E / S; también se apoyan en módulos I/O.
- Parametrización de la CPU: Propiedades tales como las características de reinicio y el monitoreo del tiempo de ciclo se puede ajustar mediante menús. multiprocesador es compatible. Los datos introducidos se presentan en bloques de datos del sistema en la CPU.
- Módulo de parametrización: El usuario puede especificar todos los parámetros ajustables de los módulos en la pantalla en forma de entrada. Los ajustes a través de los interruptores DIP son innecesarios. arametrización de módulos de hardware se produce de forma automática durante la aceleración de la CPU. Así, un cambio de un módulo se pueden realizar sin otra parametrización.
- Módulo de función (FM) y procesador de comunicaciones (CP) de parametrización: Esta parametrización también se produce dentro de la configuración del hardware de la misma manera que la parametrización de los otros módulos. Para esta parametrización del hardware del módulo existen formularios específicos de la pantalla y las reglas se proporcionan para cada uno de FM y CP (está incluido en el paquete de FM / CP funciones). El sistema impide gastos defectuosos, ofreciendo opciones de entrada que sólo se permiten en las formas de la pantalla de parametrización.

## *Comunicación de configuración*

- Configuración y despliegue de enlaces de comunicación
- Por tiempo de transmisión de datos cíclica a través de MPI:
  - Selección de los socios de la comunicación.
  - Introducción de los datos de origen destino y los datos en una tabla.
  - Generación de todos los datos del sistema y bloques (SDB) para ser cargados y su transmisión completa a todas las CPU se llevará a cabo automáticamente

- Parametrización de los módulos de comunicación seleccionados en la programación habitual idioma (por ejemplo, LAD).
- Por eventos de transmisión de datos
  - Definición de los enlaces de comunicación.
  - La selección de los bloques de comunicación (BIC) de la librería de bloques integrada.
  - Parametrización de los módulos de comunicación seleccionados en la programación habitual idioma (por ejemplo, LAD).

## *El diagnóstico del sistema*

El diagnóstico del sistema ofrece al usuario una visión general del estado del sistema de automatización. La pantalla puede estar en dos formas diferentes:

- Visualización de mensajes de texto, que puede ser la salida directa y rápida.
- Pantalla gráfica en la pantalla de configuración de hardware, ofreciendo las siguientes opciones:
  - Visualización de información del módulo general (por ejemplo, número de pedido, la versión, la designación) y estado del módulo (por ejemplo, defectuoso)
  - Visualización de los fallos del módulo (por ejemplo, fallos de canal) de los esclavos centrales de E / S y DP
  - Visualización de alarmas desde el búfer de diagnóstico.
- Las causas de un mal funcionamiento durante la ejecución del programa de usuario.
- Visualización de la duración del ciclo (el más largo, ciclo corto y el último).
- Visualización de la memoria reservada y libre.
- Las capacidades y el uso de la comunicación MPI.
- Visualización de los datos de rendimiento (número de posibles entradas y salidas, marcas, contadores, temporizadores y bloques)

Los diferentes lenguajes de programación disponibles en el citado software son:

- De contactos (KOP).
- Diagrama de funciones (FUP)
- Lista de instrucciones (IL)



El usuario puede crear programas que cumplen con la norma DIN EN 6.1131-3. Es fácil de usar, y los editores KOP y FUP apoyan al programador:

- La operación es intuitiva y no complicada: La creación de diagramas de escalera, diagramas de bloques de función se caracteriza por la facilidad de uso familiar de PC, como por ejemplo, arrastrar y soltar para cortar y pegar.
- Biblioteca de funciones predefinidas complejas tales como controladores (PID) o específicos de los usuarios son las soluciones estándar.
- La lista de instrucciones (IL), lenguaje de programación textual permite que el usuario pueda crear programas en los que se han optimizado el tiempo de funcionamiento y la ubicación de la memoria y que están "cerca del hardware." Cuando se crean estos programas, el programador es compatible con el siguiente usuario con cómodas funciones de edición.
- Opción de entrada en modo incremental y el modo de texto libre: el usuario puede tener cada entrada de inmediato para la corrección, o crear el programa completo usando solamente los símbolos en un editor de texto y, posteriormente, lo han traducido por medio de la tabla de símbolo apropiado.

Los lenguajes de programación del STEP 7 tienen un conjunto completo de instrucciones. Esto permite que incluso las funciones complejas puedan ser programadas fácilmente (es decir, sin tener grandes conocimientos de programación) y rápidamente.

*Las siguientes funciones proporcionan*

- La lógica binaria (incl. evaluación de flancos)
- Operaciones de palabra
- Los temporizadores y contadores
- Funciones de comparación
- Las funciones de conversión
- Desplazar / rotar
- Funciones matemáticas (incl. trigonometría, exponentes, logaritmos)
- El control del programa (ramas, la rama de distribución, las llamadas, relés de control principal).

Además de la mejora de las funciones de prueba y el servicio de facilitar la programación:

- Establecer puntos de interrupción (sólo S7-400)
- Forzamiento de entradas y salidas (sólo S7-400)
- Recableado
- Visualización de las referencias cruzadas

Las funciones de estado son:

- Descarga y prueba de los bloques directamente desde el editor
- Estado de varios bloques al mismo tiempo
- Las funciones de búsqueda: Las ubicaciones específicas dentro del programa se puede encontrar rápidamente utilizando criterios de búsqueda (como el nombre simbólico, operando).

Los sistemas operativos compatibles para STEP 7 V5.5 y el STEP 7 Professional 2010 son los siguientes:

- Windows XP Professional SP2
- Windows XP Professional Service Pack 3
- Windows 7 Professional / Enterprise / Ultimate (32 bits)
- Windows 7 Professional / Enterprise / Ultimate SP1 (32 bits)
- Windows Server 2003 SP2

Los sistemas operativos compatibles para STEP 7 V5.5 SP1 y STEP 7 Professional 2010 SR1 son los enumerados posteriormente:

- Windows XP Professional SP2
- Windows XP Professional Service Pack 3
- Windows 7 Professional / Enterprise / Ultimate (32 bits)
- Windows 7 Professional / Enterprise / Ultimate SP1 (32 bits)
- Windows Server 2003 SP2
- Windows 7 Professional / Enterprise / Ultimate (64 bits)
- Windows 7 Professional / Enterprise / Ultimate SP1 (64 bits)
- Windows Server 2008 R2 Standard Edition (64 bits)
- Windows Server 2008 R2 Standard Edition Service Pack 1 (64 bits)

La siguiente lista de compatibilidad ofrece la compatibilidad de las diferentes versiones de los paquetes de software SIMATIC con las dos últimas versiones de STEP 7 y con los diversos sistemas operativos de Microsoft Windows. La lista sólo es válida para las versiones dadas en estos archivos.

PASO 7-básico del software es parte del STEP 7 Professional Software sin embargo, también disponible por separado. Los clientes que ya utilizan el STEP 7 se pueden cambiar a STEP 7 Professional por la compra de un POWERPACK. UN PASO 7 en vigor se requiere licencia para esta actualización.

### **WinCC Flexible.**

SIMATIC WinCC flexible es el innovador software HMI para todas las aplicaciones de la máquina y orientada a los procesos en planta, ingeniería de máquinas y máquina de la serie. WinCC flexible permite la configuración universal de todos los dispositivos SIMATIC HMI basados en Windows CE que van desde el Micro Panel hasta la solución en el PC.

Los proyectos ProTool existentes son compatibles y pueden ser transferidos, lo que garantiza la protección de la inversión. WinCC flexible Runtime ofrece un atractivo precio de funciones HMI, incluyendo los sistemas de alarma y el informe; y puede ser ampliado de manera sistemática a través de las opciones si es necesario.

WinCC flexible combina la apertura y ampliación de WinCC, con la sencillez y robustez de ProTool y de innovadoras tecnologías.

WinCC flexible representa el avance y desarrollo continuo del software de las familias ProTool y WinCC y los unirá por etapas en un mediano plazo:

- Etapa 1: Desarrollo de la funcionalidad de la familia ProTool
- Etapa 2: Ampliación del ámbito de la función de WinCC con innovaciones adicionales

SIMATIC WinCC flexible 2004 incluye:

- Software de ingeniería de la variación de la funcionalidad para todos los dispositivos del operador (Windows CE paneles) y los siguientes sistemas basados en PC

- WinCC flexible Micro
- WinCC flexible Compact
- WinCC flexible Standard
- WinCC flexible Advanced
- Tiempo de ejecución de software WinCC flexible Runtime para los sistemas basado en PC.

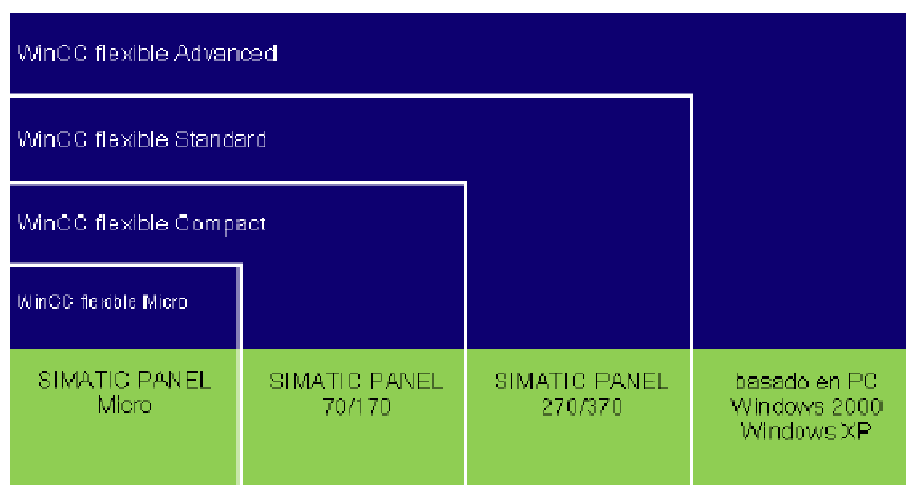
El software se ejecuta, entre otros, bajo Windows 2000 y Windows XP Professional.

Resumen de los aspectos más destacados de WinCC flexible:

- Flexible en su aplicación
  - Máquina orientada a procesos
  - En los paneles y PC (usando un software de ingeniería)
  - Se puede conectar a diferentes soluciones de automatización
  - El uso mundial (en varios idiomas).
- Configuración más alta eficiencia
  - Interfaz de usuario cómodo
  - Herramientas inteligentes
  - Los bloques de la pantalla reutilizables
  - Las configuraciones multilingües
- Conceptos innovadores de HMI
  - Todo el sistema de acceso a las etiquetas y las pantallas
  - Las estaciones de operador distribuidas
  - Las soluciones locales de la sala de control
  - Conexión con el mundo de la oficina
- Habilitado para la Web de Servicio y Diagnóstico
  - Envío automático de correo electrónico.
  - Control remoto de los dispositivos HMI
  - Diagnóstico remoto y descargar
- Una parte de Totally Integrated Automation
  - Se puede integrar en SIMATIC STEP 7, SIMATIC iMap y SIMOTION Scout

- Protección de la inversión y listos para las necesidades futuras
  - Transferencia de datos de configuración ProTool

Por tanto, este software realiza todas las tareas de configuración necesarias. La edición de WinCC flexible determina que paneles de operador de la gama SIMATIC HMI se pueden configurar.



*Estructura modular de WinCC flexible*

SIMATIC WinCC flexible Runtime es el software de visualización de alto rendimiento para tareas sencillas, visualización de la máquina. Se puede emplear como una solución de un solo usuario para todas las aplicaciones de automatización en la producción, proceso y automatización instalaciones. Es decir, este software es utilizado para visualizar procesos. En runtime, el proyecto se ejecuta en modo de proceso donde el usuario puede controlar y visualizar todo el funcionamiento del sistema implementado. Las tareas más frecuentes son:

- La comunicación con los sistemas de automatización.
- La visualización en la pantalla de la medida real tomada por el láser y de los valores de curvatura existentes en los tubos.
- El control del proceso, por ejemplo, mediante inicio o parada del proceso de enderezado automático.
- Valores de la constante introducidos en cada proceso de enderezado y visualización de los valores introducidos.
- La grabación de los datos actuales de runtime, como por ejemplo, los valores de proceso y los eventos de aviso.

El proyecto es la base para configurar la interfaz de usuario con la pantalla táctil, donde se crean y configuran todos los objetos necesarios para controlar y supervisar el proceso de enderezado automático, y que se mencionan a continuación:

- Tablas para insertar las diferentes gráficas utilizadas para una misma calidad de tubos y para diferentes calidades de tubos.
- Variables discretas y analógicas para intercambiar datos entre el pantalla táctil y el PLC
- Visualización en el panel de operador de los estados operativos del proceso de enderezado. Para crear el proyecto se debe iniciar WinCC Flexible, que accede al asistente de proyectos que ayudara a crear el nuevo proyecto. El asistente ofrece varias opciones para configurar el tipo de pantalla, tipo de conexión con el PLC, número de imágenes y librerías disponibles para la pantalla táctil.

Para este caso la pantalla táctil a utilizar para la interfaz con el usuario es la SIMATIC 6AV6642-0DC01-1AX1. Una vez que el asistente de proyectos ha creado el nuevo proyecto de acuerdo a los datos ingresados, en la parte izquierda de la pantalla se visualiza el árbol que contiene todos los elementos configurables.

Algunos de los beneficios de la Ingeniería del Software WinCC flexible son los enumerados a continuación:

- El software de configuración reduce los costes de la formación continua, mantenimiento y servicio y la protección de las garantías de inversión
- Minimización de los costes de ingeniería y menores costos de ciclo de vida a través de Totally Integrated Automation (TIA)
- Minimización de los costes de configuración a través de objetos escalables y dinámicos que pueden ser reutilizados
- Herramientas inteligentes para la configuración fácil y eficiente:
  - Asistente para definir la estructura básica de un proyecto HMI
  - La tabla editores basados en simplifican la creación y edición de objetos similares, por ejemplo, variables, textos o alarmas.
  - la configuración gráfica simplifica las tareas complejas de configuración, tales como la definición de las rutas de movimiento o la creación de la guía de usuario básico

- Amplio soporte de configuraciones multilingües para su aplicación en todo el mundo:
  - Puntos de vista intercambiables para la entrada de datos de configuración multilingüe.
  - Específica del sistema y de usuario específico de la librería de textos.
  - Exportación / importación de textos vinculados al idioma.
- Protección de la inversión a través
  - Transferencia de la configuración de las herramientas de configuración de la familia ProTool

Los beneficios del Software WinCC flexible 2004 Runtime son los siguientes:

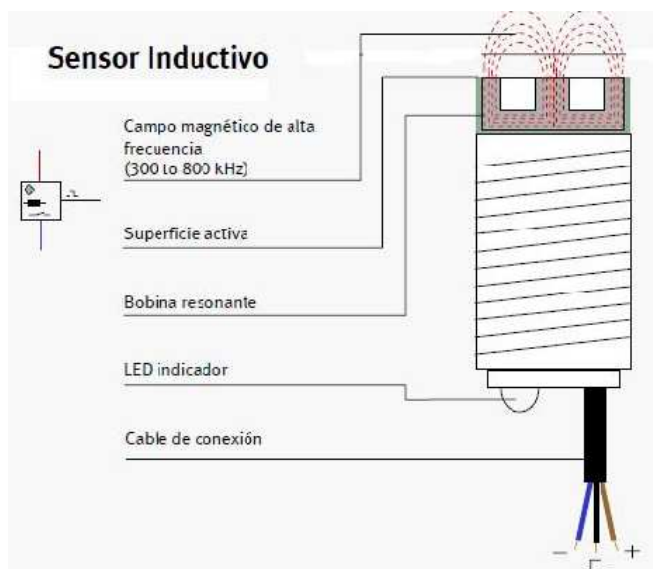
- Optimización de la relación precio / rendimiento a través de la funcionalidad del sistema individual escalable
- Funciones para todas las tareas de visualización: funciones de operador, gráficos y pantallas de tendencias, sistema de alarma, sistema de informes, el archivo (opcional), gestión de recetas (opción), el diagnóstico de procesos de error (opcional)
- La funcionalidad de tiempo de ejecución flexible a través de scripts de Visual Basic
- Los conceptos de servicios innovadores con la operación a distancia, el diagnóstico, la administración a través de Intranet / Internet, así como la comunicación por correo electrónico aumentar la disponibilidad (opcional)
- Soporte de soluciones simples y de automatización distribuidas basadas en redes TCP / IP de la máquina orientadas a las áreas (opcional)

Los requisitos del sistema para la Ingeniería de Software de WinCC flexible y WinCC flexible Runtime son los sistemas operativos: Windows 2000 SP4 o Windows XP Professional Service Pack 1.



En cuanto a la electrónica que va a ser empleada en la nueva propuesta de la máquina enderezadora, cabe destacar los sensores de proximidad inductivos utilizados y la barrera fotoeléctrica de seguridad. Los sensores inductivos han sido fabricados por la empresa Telemecanique-Schneider electric. Mientras que la barrera de seguridad utilizada va a ser reincorporada de la antigua máquina de enderezado ya que está en un estado óptimo y cumple con las expectativas deseadas.

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF". El funcionamiento es similar al capacitivo; la bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado.



Los sensores de proximidad inductivos pueden detectar sin contacto, objetos metálicos en un rango de detección de 0 a 60 mm.

Como ya se ha comentado, un sensor inductivo consta esencialmente de un oscilador cuyo bobinado constituye la cara sensible del mismo. Frente a ésta se crea un campo magnético alterno. Cuando se coloca un objeto metálico en ese campo, las corrientes inducidas generan una carga adicional que provoca la parada de las oscilaciones.

Respecto al campo de funcionamiento, hay que puntualizar, que en la práctica, las piezas a controlar son generalmente de acero de dimensión equivalente a la cara sensible del aparato. Luego, para tener una detección segura hay que cerciorarse de que la pieza a detectar pase a una distancia inferior o igual a los valores indicados en las fichas técnicas del aparato elegido.

Existen dos tipos de sensores inductivos en función de la señal de salida:

- **Tipo 2 hilos:** Los aparatos son alimentados en serie con la carga a controlar. Entonces están sometidos a:
  - Una corriente de fuga (en estado abierto).
  - Una tensión residual (en estado cerrado).
- **Tipo 3 hilos:** Los aparatos constan de:
  - Hilos para la alimentación + - del aparato.
  - 1 hilo para la transmisión de la señal de salida.

Según las características del modelo elegido, se tendrá una señal de salida determinada a través de un contacto de cierre NA, de apertura NC o complementaria NA + NC.

**Rango de sensado:** localizando una parte metálica a esta distancia hará que el sensor conmute. Este valor está dado por un objeto estándar de hierro y decrece para materiales como aluminio y cobre (Menos permeables a las líneas de campo magnético).

**Montaje empotrable y no empotrable:** los sensores inductivos son montados frecuentemente en partes metálicas. Si están montados empotrados dentro del metal, pueden detectar la masa metálica en lugar de los objetos. Algunas versiones Blindadas existen para hacer que funcionen adecuadamente en estas condiciones, pero el rango de detección se reduce en este caso. Entonces si tenemos que elegir entre un producto empotrable o no empotrable (la versión empotrable es popular); veremos que el **Osiconcept** elimina esta complejidad. En nuestro caso van a ser no empotrable.

Este tipo de sensores inductivos serán utilizados como finales de carrera. Dos de ellos en el rodillo superior y uno en cada uno de los rodillos transversales. También podría utilizarse uno de estos sensores en el marcado automático si la empresa dedicada a su diseño lo considera oportuno.

En el rodillo superior, estos sensores serán colocados en una placa, uno en la parte de arriba y otro en la parte de abajo. El de la parte de arriba será utilizado como final de carrera por seguridad, para que no se dañe el tornillo sinfín utilizado y otros componentes; y el de abajo será utilizado para que el rodillo deje de desplazarse verticalmente hacia abajo cuando ya se ha conseguido presionar al tubo con la presión deseada (la presión a la cual será sometido el cilindro neumático).

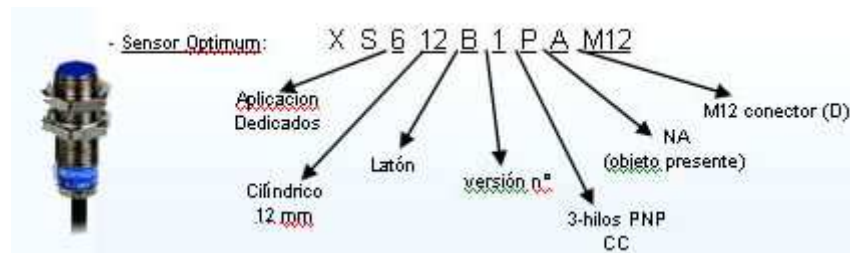
Por otro lado, los sensores correspondientes a los rodillos transversales también serán utilizados como sistemas de final de carrera. De esta manera, estos van a ir colocados en unas chapas a una distancia de 30 cm aproximadamente, de esta manera se conseguirá introducir los rodillos a 30 cm de distancia de los extremos del tubo.

Una vez conocidas las funciones de los sensores inductivos de proximidad que van a ser utilizados en el nuevo diseño de la máquina enderezadora de tubos, se va a disponer a expresar la ficha técnica y las características que poseen los sensores empleados.

<b>Referencia</b>	XS618B1MAL2
<b>N/P</b>	XS618B1MAL2
<b>Descripción</b>	DET INDUCT M18 SN=8MM NO
<b>Marca</b>	TELEMECANIQUE - SCHNEIDER ELECTRIC
<b>Categoría</b>	SENSORES INDUCTIVOS

## Formatos y alcances de detección

<b>Tubular</b>	<b>M8</b>	<b>M12</b>	<b>M18</b>	<b>M30</b>
XS5	1.5 mm	2 mm	5 mm	10 mm
XS6	2.5 mm	4 mm	8 mm	15 mm



## Detectores de proximidad inductivos Telemecanique OSIsense® Universal

Presentación: 3/19  
Características y referencias: 3/20  
Accesorios: 3/35

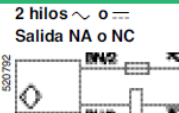
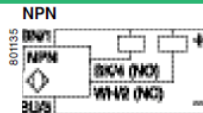
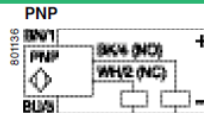
Cilíndrico, empotrable  
Dos hilos, corriente alterna o continua  
Tres hilos, corriente continua, salida estática

Características			
Tipo de detectores		XS6 ●●B1●●L2	XS6 ●●B1M●L2
Homologaciones		UL, CSA, CE	
Conexión		Cable largo 2 m	
Rango de funcionamiento	Ø 8	mm	0...2
	Ø 12	mm	0...3,2
	Ø 18	mm	0...6,4
	Ø 30	mm	0...12
Histéresis		%	1...15 alcance efectivo (Sr)
Grado de protección	Según IEC 60529		IP 68 doble aislamiento (excepto Ø 8 : IP 67)
Temperatura en almacenamiento		°C	- 40...+ 85
Temperatura de funcionamiento		°C	- 25...+ 70
Materiales	Cuerpo		Latón niquelado
	Cable		PvR 3 x 0,34 mm <sup>2</sup> excepto XS6 08 3 x 0,11 mm <sup>2</sup> 25 gn, amplitud ± 2 mm (f = 10 a 55 Hz)
Resistencia a las vibraciones	Según IEC 60068-2-6		
Resistencia a los choques	Según IEC 60068-2-27		50 gn, duración 11 ms
Señalización de estado salida			LED amarillo : anular
Tensión asignada de alimentación		V	~ 12...48 con protección contra inversión de los hilos
Límites de tensión (ondulación incluida)		V	~ 10...58
Corriente conmutada	XS6 ●●B1●●L2	mA	≤ 200 c/ protección contra sobrecargas y cortocircuitos
	XS6 12B1M●●●		—
	XS6 1B1M●●●, XS6 30B1M●●●		5...200 (1)
Tensión residual, estado cerrado		V	≤ 2
Corriente consumida, sin carga		mA	≤ 10
Corriente residual, estado abierto		mA	—
Frecuencia máxima de conmutación	XS6 08B1●●●●, XS6 12B1●●●●	Hz	Ø 8 y Ø 12 : 2500
	XS6 18B1●●●●	Hz	Ø 18 : 1000
Retardos	XS6 30B1●●●●	Hz	Ø 30 : 500
	A la disponibilidad	ms	≤ 10
	Al accionamiento	ms	≤ 0,2 Ø 8 y Ø 12, ≤ 0,3 Ø 18, ≤ 0,6 Ø 30
	Al desaccionamiento	ms	≤ 0,2 Ø 8 y Ø 12, ≤ 0,7 Ø 18, ≤ 1,4 Ø 30

(1) Es aconsejable colocar, en serie con la carga, un fusible de acción rápida 0,4 A.

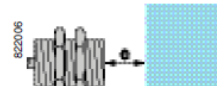
## Conexiones

Por cable  
BU: Azul  
BN: Marrón  
BK: Negro



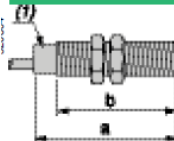
## Precauciones de instalación

Distancias a respetar al montaje (mm)



	Yuxtapuesta	Frente a frente	Frente a masa metálica
Ø 8	e ≥ 5	e ≥ 30	e ≥ 8
Ø 12	e ≥ 8	e ≥ 50	e ≥ 12
Ø 18	e ≥ 16	e ≥ 100	e ≥ 25
Ø 30	e ≥ 30	e ≥ 180	e ≥ 45

## Dimensiones



(1) Led

	Por cable (mm)	
	a	b
Ø 8	50	42
Ø 12	50	42
Ø 18	60	51
Ø 30	60	51

Presentación: 3/19  
Características y referencias: 3/20  
Accesorios: 3/35

## Telemecanique OSIsense® Universal

Cilíndrico, empotrable

Dos hilos, corriente alterna o continua (1)

Tres hilos, corriente continua, salida estática



XS6 08B1L2

Ø 8						
Alcance (Sn) mm	Función	Salida	Conexión(2)	Referencia	Peso kg	
Tres hilos con protección contra sobrecargas y cortocircuitos	NA	PNP	Por cable 2 m	XS6 08B1PAL2	0,035	
		NPN	Por cable 2 m	XS6 08B1NAL2	0,035	
	NC	PNP	Por cable 2 m	XS6 08B1PBL2	0,035	
		NPN	Por cable 2 m	XS6 08B1NBL2	0,035	
Ø 12						
Alcance (Sn) mm	Función	Salida	Conexión	Referencia	Peso kg	
Tres hilos con protección contra sobrecargas y cortocircuitos	NA	PNP	Por cable 2 m	XS6 12B1PAL2	0,075	
		NPN	Por cable 2 m	XS6 12B1NAL2	0,075	
	NC	PNP	Por cable 2 m	XS6 12B1PBL2	0,075	
		NPN	Por cable 2 m	XS6 12B1NBL2	0,075	
Dos hilos sin protección (3)	NA		Por cable 2 m	XS6 12B1MAL2	0,075	
	NC		Por cable 2 m	XS6 12B1MBL2	0,075	
Ø 18						
Alcance (Sn) mm	Función	Salida	Conexión	Referencia	Peso kg	
Tres hilos con protección contra sobrecargas y cortocircuitos	NA	PNP	Por cable 2 m	XS6 18B1PAL2	0,100	
		NPN	Por cable 2 m	XS6 18B1NAL2	0,100	
	NC	PNP	Por cable 2 m	XS6 18B1PBL2	0,100	
		NPN	Por cable 2 m	XS6 18B1NBL2	0,100	
Dos hilos sin protección (3)	NA		Por cable 2 m	XS6 18B1MAL2	0,120	
	NC		Por cable 2 m	XS6 18B1MBL2	0,120	



### 5.4.4.2 Sistemas de control.

Otro punto a tener en cuenta son los diferentes sistemas de control utilizados en este proyecto. Estos sistemas de control van a ser electrónicos y causales, es decir, que va a existir una relación de causalidad entre las entradas y salidas del sistema de control.

El sistema de control utilizado para llevar a cabo el proceso de enderezado es el autómatas Simatic S7 300 fabricado por Siemens. Las características técnicas y propiedades de este sistema van a ser manifestadas extensamente en el apartado posterior titulado 7. Técnica y tecnología utilizada.

Como es de esperar, al autómatas S7-300 va a ser alimentado con unas entradas digitales y proporcionará unas salidas que serán traducidas en diferentes acciones. Las salidas digitales facilitadas por el este sistema de control serán dependientes de las entradas digitales y de la programación integrada en el autómatas. Por tanto, lo que si se va a enumerar en este capítulo son todas las entradas y salidas digitales existentes en el sistema.

Las entradas digitales son las siguientes:

- Posición del cabezal sobre el tubo.
- Medida real de la curvatura tomada por el detector de medida láser.
- Tablas-Gráficos introducidos manualmente en la pantalla.
- Si se ha producido cambio de tubo o no.

Las salidas digitales proporcionadas son:

- Valor de la constante que corresponde a la curvatura presentada por el tipo de tubo (calidad, posición, dimensiones, etc.) que se pretende enderezar. Esta constante, en función de la ecuación programada en el autómatas, va a ser derivada en la distancia que debe descender el pistón en el proceso de enderezado.
- Incremento de la constante (de la distancia que desciende el pistón) si se repite consecutivamente la curvatura presentada por el tubo.
- Paro inmediato del proceso de enderezado si se incumplen los dispositivos de seguridad.

Una vez conocidas las entradas y salidas, se van a comentar las acciones para las cuales ha sido programado el autómatas en el proceso de enderezado. En primer lugar, al sistema le llega la entrada de la medida real, éste selecciona, de las gráficas insertadas, la constante que le corresponde a esa curvatura para ese tipo de tubos; y a través de la ecuación introducida en la programación, el pistón es ordenado a hacer descender el tubo una longitud determinada. La ecuación programada en el autómatas que relaciona la constante con la longitud descendida por el pistón es una simple ecuación lineal:  $y = Ax + B$ ; donde  $y$  es la longitud que el pistón va a descender desde que se pone en contacto con el tubo,  $x$  es la diferencia en la curvatura,  $A$  es la constante seleccionada desde las gráficas y  $B$  es una constante fija introducida debida a las holguras presentadas por la máquina.

Una acción para la cual está programado el autómatas Siemens es que determine cuando se produce el cambio de tubo en la máquina enderezadora. Para ello, el sistema determinará el cambio de tubo cuando no se esté llevando a cabo el proceso de enderezado y el detector de medida determine una distancia fuera de su rango de medida.

Otra acción que realiza el autómatas es incrementar la constante utilizada si la diferencia de la curvatura ha sido repetida. Para ello, el autómatas memoriza el valor de la diferencia anterior y se la resta al valor de la diferencia actual; y si el valor de esta operación es pequeño (el que se decida en la programación final) la constante será incrementada un valor, el cual variará en función del tipo de tubo enderezado.

Por otra parte, el otro sistema de control utilizado para los movimientos de los apoyos de la nueva máquina enderezadora son los sensores de proximidad definidos en el apartado anterior. De esta manera, cuando el tubo es colocado sobre el banco, el operario accionará, mediante una botonera, el desplazamiento tanto de los apoyos como de la cabeza enderezadora. La cabeza enderezadora se transportará hasta el punto central del banco y los dos apoyos serán trasladados hasta que los sensores de proximidad detecten el tubo y manden una señal de parada a los motores que los transportan.



## 5.5 Primeros diseños.

En este apartado, el cual también puede definirse como diseño preliminar, se produce el desarrollo cualitativo de un diseño, es decir, empiezan a plantearse posibles soluciones físicas, así como los primeros bocetos. De esta manera, se van a mostrar los primeros diseños que se han realizado de la nueva máquina enderezadora. Como ya se ha comentado con anterioridad, los principales elementos que debe tener la nueva máquina enderezadora son: un banco, una cabeza enderezadora portadora del pistón hidráulico, un rodillo superior y dos rodillos transversales. Para la elaboración de los primeros diseños se han recopilado ciertas ideas y conceptos de los dos modelos de máquinas enderezadoras que han sido descritas precedentemente: la antigua máquina enderezadora y la máquina enderezadora automática fabricada por MAE.

Tras un estudio detallado de las enderezadoras modelo existentes y de los objetivos que debe garantizar el nuevo diseño de máquina enderezadora buscado, se han proyectado dos nuevos diseños. Éstos, al ser los primeros diseños, serán descritos y posteriormente se procederá a realizar un análisis preliminar.

Los dos primeros diseños realizados tienen un gran número de componentes similares y principalmente se diferencian en el diseño de la cabeza enderezadora portadora del pistón y su distribución.

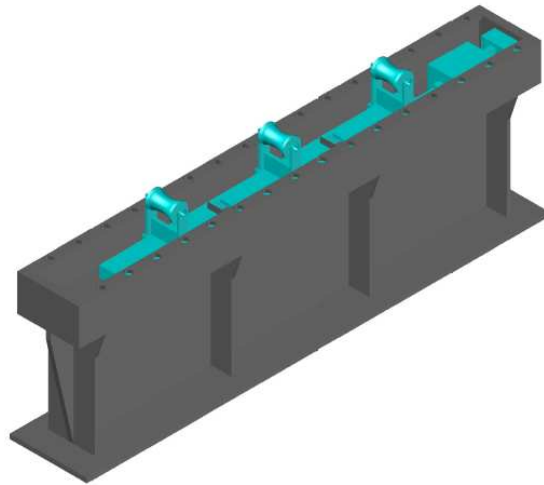
Antes de comenzar a describir los dos diseños, se van a especificar los componentes pertenecientes a ambos diseños, es decir, se van a definir aquellos componentes que son completamente iguales en los dos diseños. Estos componentes son:

### ➤ Banco

Este es un componente fabricado en acero que soporta los tubos y da estabilidad al resto de componentes. La longitud de este nuevo banco es inferior a la del banco antiguo, ya que en el nuevo diseño únicamente será utilizado para apoyar los tubos.

Como puede observarse en la imagen, en el interior del banco existe una viga metálica portadora de tres rodillos. La viga está unida a un cilindro neumático, de tal manera que cuando éste sea accionado la viga será desplazada horizontalmente hacia la izquierda (en la imagen posterior). En este desplazamiento horizontal la viga recorrerá unas cuñas que posee el banco y ésta será elevada unos centímetros.

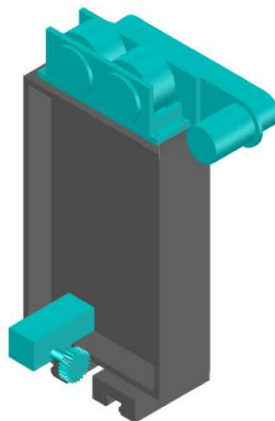
Éste ascenso de la viga será empleado para poder apoyar los extremos del tubo sobre los rodillos transversales, y una vez que el tubo este enderezado los rodillos transversales serán retirados.



➤ Rodillo transversal motorizado.

Este es un componente móvil, que se transportará por el suelo a lo largo de unos raíles y mediante un mecanismo de piñón-cremallera. El piñón empleado estará conectado a una bomba de 0.5 KW aproximadamente.

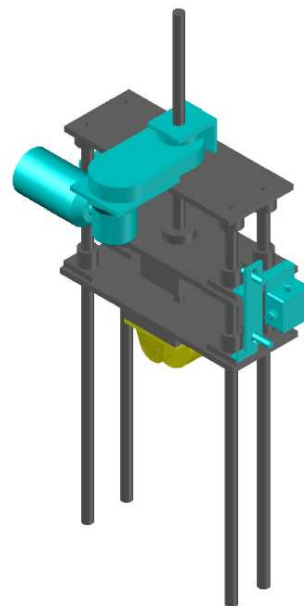
El rodillo transversal motorizado puede dividirse en diferentes partes. Por un lado cuenta con un banco rectangular, que sirve de soporte y da estabilidad al resto de componentes. Otra parte estará formada por la unión bomba-piñón, que está anclada a la parte inferior del banco. Y por último, en la parte superior de este componente está es el rodillo motorizado, el cual será accionado, a través de un motor de 0.25 KW de potencia, para hacer girar el tubo y así poder tomar medidas de la curvatura que éste posee; éste rodillo es fundamental y dimensionalmente similar al ya existente en la máquina enderezadora antigua.



## ➤ Rodillo superior

Este componente requiere de mayor interés, ya que un elemento similar a éste no existía en la antigua máquina enderezadora de tubos y posee mayor complejidad que los elementos definidos hasta ahora. Por tanto, este componente sería complementario a la antigua máquina enderezadora de tubos.

El rodillo superior está formado básicamente por tres placas metálicas paralelas unidas a través de 4 barras cilíndricas metálicas y lisas situadas en las esquinas y un cilindro roscado situado en la parte central de las placas. En la parte inferior existe un rodillo metálico que al descender presionará el tubo para así obligarle a girar con facilidad. Otras partes constituyentes de este componente son un motor eléctrico, una transmisión, dos sensores inductivos de proximidad (ya definidos anteriormente) y un cilindro neumático.



En estas líneas se va a tratar de explicar el funcionamiento de este nuevo componente existente en los diseños 1 y 2. Como es sabido, este componente sirve para presionar el tubo contra los rodillos transversales motorizados sobre los cuales está apoyado. De esta manera, se forzará a que el tubo gire por muy grande que sea la curvatura que posea.

Para permitir que el rodillo se desplace verticalmente hacia abajo habrá que descender las placas metálicas paralelas. Para ello, es importante saber, que la placa superior es inmóvil, y siempre va a ocupar la misma posición; y las otras dos placas inferiores a ésta son móviles. La posición relativa entre las dos placas superiores variará mediante el accionamiento del motor eléctrico; y la posición relativa entre las dos placas inferiores es controlada por el cilindro neumático, el cual va a estar conectado a un circuito de aire a presión constante que se conseguirá mediante una llave manual o mediante una electroválvula.

Por lo tanto, una vez que el tubo es introducido debajo del rodillo, este componente actuará de la siguiente manera. En primer lugar se accionará el motor eléctrico, que hará que las dos placas inferiores desciendan paralelamente hacia abajo. Mientras tanto el cilindro va a estar conectado a un flujo de aire a presión constante. Cuando el rodillo se ponga en contacto con el tubo, la placa inferior dejará de desplazarse hacia abajo pero, sin embargo, al estar accionado el motor eléctrico, la placa central seguirá desplazándose hacia abajo. Por lo que la distancia entre las dos placas inferiores disminuirá hasta que el sensor de proximidad inductivo detecte la presencia de la placa delante de él y mande una señal para parar el motor eléctrico (final de carrera). De esta manera se habrá conseguido que el rodillo comprima al tubo a una presión determinada, que será la que se le aplique al cilindro neumático.

El trayecto contrario será similar al descrito pero de forma inversa. Cabe mencionar que en la parte superior existe otro sensor de proximidad inductivo que es utilizado como final de carrera por seguridad para no dañar el tornillo sinfín y otros elementos cuando la placa central esta ascendiendo.

Una vez enumerados todos los mecanismos y componentes eléctricos/electrónicos constituyentes en el rodillo superior, se va a realizar una descripción detallada de cada uno de estos elementos.

- Cilindro neumático.

Marca: Pneumax  
Modelo: 1501.100.50  
Pmax: 10 bar  
Tf: -5°C +70°C (Temperatura de funcionamiento)  
Fluido: Aire filtrado y lubricado preferiblemente.



**PNEUMAX**

Cilindros compactos de carrera breve  
(Serie 1500, catalogo 4, sección 6)



Códigos de pedido	
Versión Base	15_ .Ø.carrera.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>01 = Versión doble efecto</li> <li>11 = Versión doble efecto con pistón magnético</li> <li>02 = Versión simple efecto muelle anterior</li> <li>12 = Versión simple efecto muelle anterior con pistón magnético</li> <li>03 = Versión simple efecto muelle posterior</li> <li>13 = Versión simple efecto muelle posterior con pistón magnético</li> <li>04 = Versión doble efecto vástago pasante</li> <li>14 = Versión doble efecto con vástago pasante con pistón magnético</li> </ul>
<b>Carrera standard:</b>	
<b>Tipo 1501, 1504, 1511, 1514, 1515, 1516, 1517 y 1518:</b>	
de 5 a 50 mm cada 5 mm para todos los diámetros.	
<b>Tipo 1502, 1503, 1512 y 1513:</b>	
5 de 10 mm para todos los diámetros.	
<b>Tipo con dispositivo antigiratorio de doble efecto:</b>	
<b>Ø 20 y Ø 25</b> de 5 a 40 mm cada 5 mm <b>Ø 32 y Ø 40</b> de 5 a 50 mm cada 5 mm <b>Ø 50 y Ø 63</b> de 5 a 60 mm cada 5 mm <b>Ø 80 y Ø 100</b> de 5 a 80 mm cada 5 mm	

Las características constructivas del cilindro utilizado son:

Cuerpo: 25 micras de aleación de aluminio anodizado.

Vástago: Acero C43 cromado (acero inoxidable para cilindros magnéticos de Ø20 y Ø25).

Pistón: Aluminio.

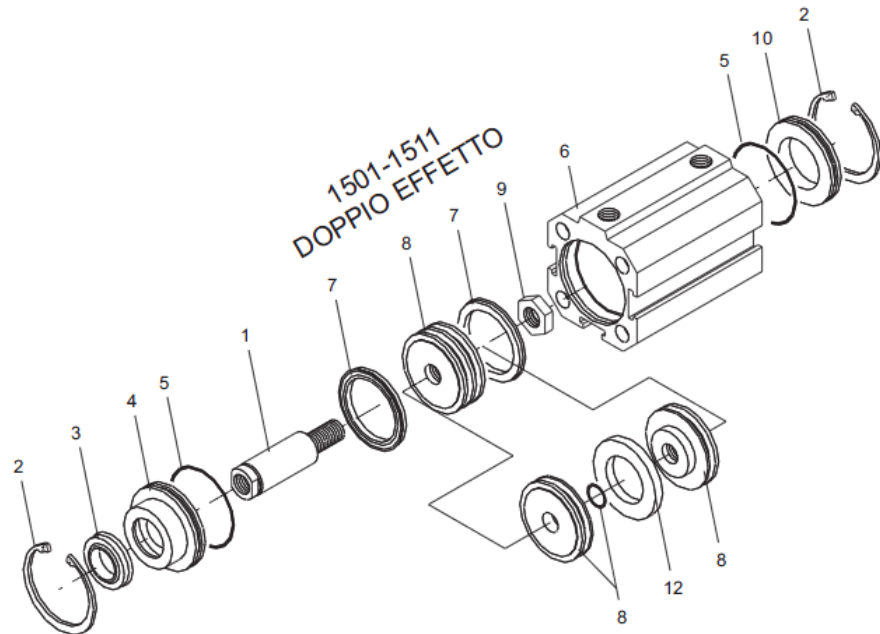
Camisa: Aluminio anodizado.

Parte posterior: Aluminio anodizado.

Juntas del pistón: Goma NBR resistente a aceites para solicitudes Therban a alta temperatura (120 °C).

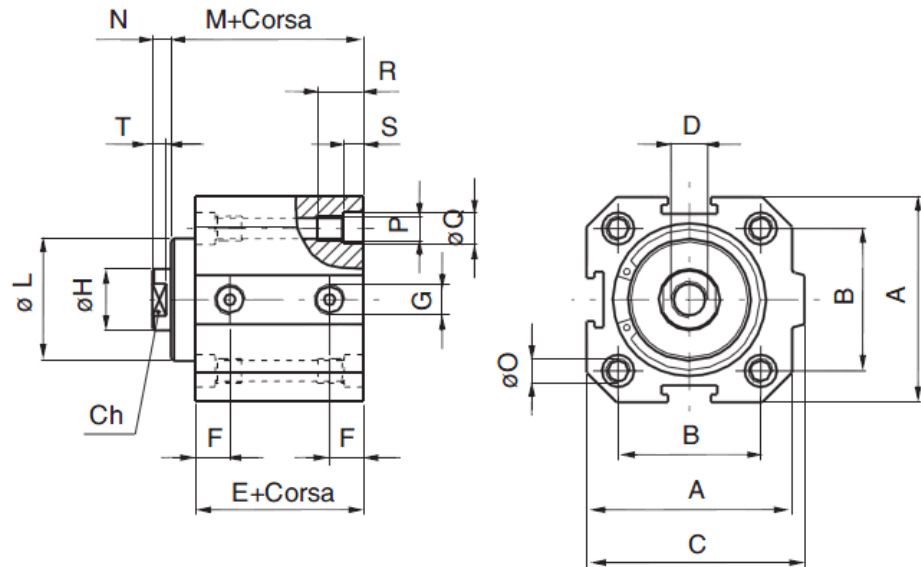
Juntas del cuerpo: Compuesto de poliuretano auto-lubricante o VITON.

En la siguiente imagen puede observarse el despiece del cilindro neumático utilizado.



Posición	Denominación	Nº piezas
1	Vástago	1
2	Anillo elástico.	2
3	Junta del vástago.	1
4	Casquillo.	1
5	Junta.	2
6	Cuerpo del cilindro.	1
7	Junta del pistón.	2
8	Pistón.	1
9	Tuerca del pistón.	1
10	Parte posterior.	1
11	Resorte.	1
12	Magneto.	1

Una vez conocido el despiece de este elemento se procederá a mostrar las propiedades dimensionales con la imagen y tabla siguientes:



Alesaggio	20	25	32	40	50	63	80	100
A	35	41	48	57	67	80	100	120
B	26	28	32,5	38	46,5	56,5	72	89
C	39,5	44,5	52	61	71	84	106	126
D	M4x8	M5x10	M6x12	M10x15	M12x18	M12x18	M16x20	M16x20
E	29	30,5	32	33,5	35	38	44	47
EM	34	35,5	37	38,5	40	43	49	52
F	9	9,15	9,75	10,5	11	11,25	13,75	15,25
G	G 1/8"	G 1/8"	G 1/8"	G 1/8"	G 1/8"	G 1/8"	G 3/8"	G 3/8"
Ø H	8	10	12	16	20	20	25	25
Ø L $\pm 0,05 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,1 \end{smallmatrix} \right.$ per Ø80 e Ø 100)	17	20,5	26	31	39	40	55	55
M	32	33	35,5	39,5	43	46	51,5	54,5
MM	37	38	40,5	44,5	48	51	56,5	59,5
N	4	4	4	5	6	6	8	8
Ø O	4,3	5,3	5,3	5,3	7	7	9	9
P	M5	M6	M6	M6	M8	M8	M10	M10
Ø Q	7,5	8,5	8,5	8,5	10,5	10,5	13,5	13,5
R	15	18	18	18	22	22	30	30
S	4,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	8,5	8,5
T	3	3	3	4	4,5	4,5	5,5	5,5
Ch	6	8	10	13	17	17	22	22



- Motor eléctrico.

Marca: Dimotor

Modelo: MS 633 – 4 B14

Frecuencia: 50 Hz

Potencia: 0.25 KW

Factor de potencia:  $\cos \phi = 0.66$

La mayoría de los elementos de este motor (carcasa, escudos y caja de bornes) van a estar fabricados en aluminio, mientras que la caperuza estará formada por un compuesto metálico y el ventilador ha sido fabricado en plástico.

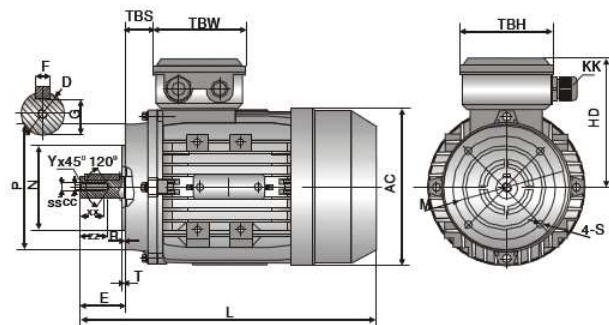
En la tabla posterior se va a mostrar la información técnica básica de los diferentes modelos de motores eléctricos que trabajan a una frecuencia de 50 Hz, fabricados por la empresa Dimotor. Los valores del motor proporcionados a continuación van a ser los siguientes: potencia (KW), intensidad (A), velocidad (r/min), rendimiento (%), factor de potencia, ruido (dB) y peso (Kg).

## información técnica 50hz

Modelo	Potencia (kW)	Intensidad (A)			Intensidad (A)			Intensidad (A)			Velocidad (r/min)	Rend. (%)	Factor de Potencia	Tstart/Tn (Times)	Tmax/Tn (Times)	Tmax/Tn (Times)	Is/In (Times)	Ruido dB(A)	Peso.t. (Kg)
		220V	380V	660V	230V	400V	690V	240V	415V	720V									
MS561-4	0.06	0.55	0.32	0.18	0.52	0.30	0.17	0.50	0.29	0.17	1320	48.5	0.59	2.3	2.4	1.7	6	50	3
MS562-4	0.09	0.77	0.45	0.26	0.74	0.43	0.25	0.71	0.41	0.24	1320	50	0.61	2.3	2.4	1.7	6	50	3.3
MS563-4	0.12	0.96	0.56	0.32	0.92	0.53	0.31	0.88	0.51	0.29	1320	52	0.63	2.2	2.4	1.7	6	51	3.5
MS631-4	0.12	0.86	0.50	0.29	0.82	0.47	0.27	0.79	0.46	0.26	1350	57	0.64	2.2	2.4	1.7	6	52	3.9
MS632-4	0.18	1.23	0.71	0.41	1.17	0.68	0.39	1.13	0.65	0.38	1350	59	0.65	2.2	2.4	1.7	6	52	4.3
MS633-4	0.25	1.66	0.96	0.55	1.58	0.91	0.53	1.52	0.88	0.51	1350	60	0.66	2.2	2.4	1.7	6	54	4.8
MS711-4	0.25	1.52	0.88	0.51	1.45	0.84	0.48	1.39	0.81	0.46	1350	60	0.72	2.2	2.4	1.7	6	55	5.4
MS712-4	0.37	2.02	1.17	0.67	1.92	1.11	0.64	1.85	1.07	0.62	1370	65	0.74	2.2	2.4	1.7	6	55	6.2
MS713-4	0.55	2.92	1.69	0.97	2.78	1.60	0.93	2.67	1.55	0.89	1380	66	0.75	2.2	2.4	1.7	6	57	7.3



Las propiedades dimensionales del motor eléctrico utilizado pueden contemplarse en las próximas imagen y tabla:

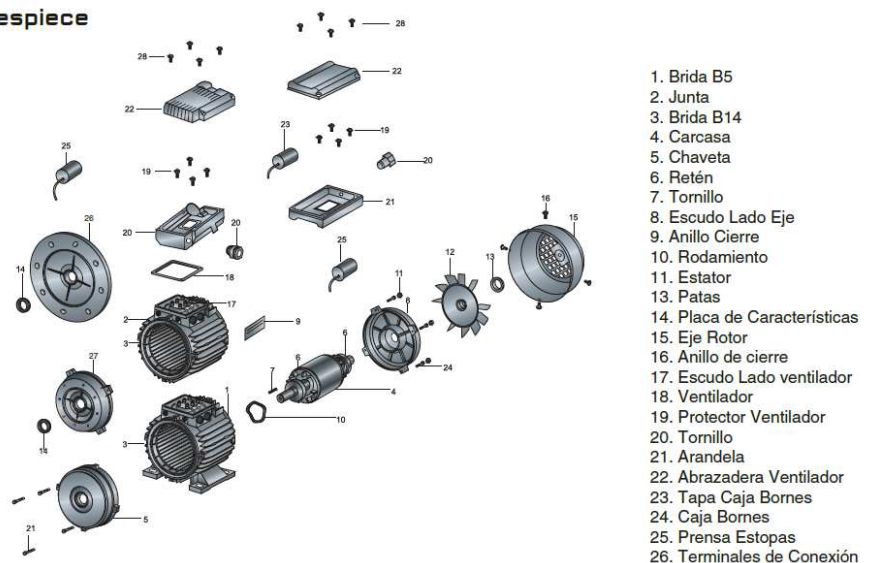


**IMB14**

71	φ70	φ85	φ105	2.5	0	M6	φ95	φ115	φ140	3.0	0	M8	φ14	30	5	11	1-M20X1.5	φ145	117/109	240/254	252/267	307	345	20/27	94/80	94/80	M5	12	18	4.2	0.8	
63	φ60	φ75	φ90	2.5	0	M5	φ80	φ100	φ120	3.0		M6	φ11	23	4	8.5	1-M16X1.5	φ130	110/102	215	232	265	283	14/21	94/80	94/80	M4	10	15	3.3	0.8	
56	φ50	φ65	φ80	2.5	0	M5							φ9	20	3	7.2	1-M16X1.5	φ120	100/95	195					14/21	88/63	88/63	M3	8	12	2.5	0.5
TAMANO	N	M	P	T	R	S	N	M	P	T	R	S	D	E	F	G	KK	AC	HD	L	Loc	LocL	LocA	TBS	TBW	TBH	SS	XX	ZZ	CC	Y	
	B14					B14B																										

Una vez conocidas las dimensiones del elemento motriz empleando en el diseño del rodillo superior, se procederá a realizar el despiece del elemento descrito:

**Motor Despiece**



- Sensores de proximidad inductivos.

Los sensores de proximidad inductivos son los modelos definidos detalladamente en el apartado anterior 5.4.4.1 Electrónica y Software. En este diseño conocido como rodillo superior se van a emplear dos sensores de proximidad inductivos en función normalmente cerrado (NC); y realizarán el funcionamiento de un final de carrera.

Estos sensores serán colocados en una placa, uno en la parte de arriba y otro en la parte de abajo. El de la parte de arriba será utilizado como final de carrera por seguridad, para que no se dañe el tornillo sinfín utilizado y otros componentes; y el de abajo será utilizado para que el rodillo deje de desplazarse verticalmente hacia abajo cuando ya se ha conseguido presionar al tubo con la presión deseada (la presión a la cual será sometido el cilindro neumático).



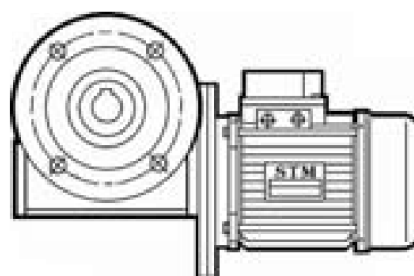
- Transmisión.

Marca: Martinena transmisiones

Modelo: RMI 40 FL

Tipo: 20

Serie: 1012593



El fundamento de este elemento es el de transmitir y reducir la velocidad de giro proporcionado por el motor eléctrico a las placas metálicas, para así permitir que el rodillo suba o baje verticalmente. Los reductores se fabrican con materiales de alta calidad y modernos diseños para garantizar la máxima fiabilidad y duración.

Las carcasas, bridas y patas se fabrican en fundición G20 UNI 5007, excepto los tamaños más pequeños (28, 40, 50, 63 y 70). Para estos modelos se utiliza aluminio SG-Al Si UNI 1706.

Los sinfines se hacen de acero cementado, templado y revenido.

El rectificado del sinfín, en las relaciones de reducción en las que el módulo permite ser realiza con perfil ZI. Esto mejora el contacto entre las superficies dentadas y en definitiva las características de los reductores, además, de reducir el ruido de funcionamiento.

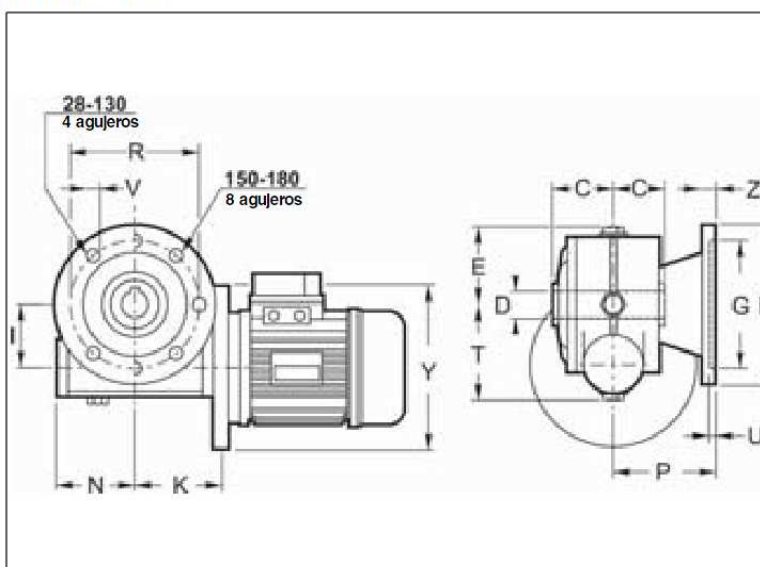
La corona tiene una parte central de fundición G20 sobre la cual se fija la corona de bronce GCuSn12 UNI 7013.

El casquillo acoplador es realizado en OT58 UNI 5705-65.

Para garantizar una larga vida del reductor, se utilizan rodamientos de calidad, de rodillos cónicos y de bolas.

Las dimensiones de la transmisión vienen representadas en el posterior plano y los valores de las medidas en las siguientes tablas:

## RMI FL



RI RMI	C	D H7	d j6	E	I	L	M	m	N	T
28	30	14	9	40	28	20	47	M4	44,5 (46)*	49
40	41	19 (18)	11	59	40	22	64	M5	61,5	66
50	49	24 (25)	14	69	50	30	74	M6	72,5	80
63	60	25	18	81	63	45	96	M6	84	99
70	60	28	19	87	70	40	97	M8	92	108
85	61	32 (35)	24	105	85	50	115	M8	111	135
110	77,5	42	28	135	110	60	146	M8	142	170
130	90	48	38	150	130	80	166	M10	159	200
150	105	55	42	178	150	100	195	M12	189	224
180	120	65	48	210	180	110	235	M14	232	265

RI RMI	F	G H8	P	R	U	V	Z	Fp	Gp H8	Pp	Rp	Up	Vp
28	70	40	49	56	5	6	5	67	42(H8)	36	56	7	M6
40	140°	95	82	115	5	8,5	9	95	60	38	83	2	M6
50	160°	110	91,5	130	5	10	10	105	70	49	85	2,5	M8
63	180°	115	116	150	5	11	11	105	70	57,5	85	3,5	M8
70	200°	130	111	165	5	13	11	120	80	57	100	5	M8
85	200	130	100	165 <sup>0</sup> <sub>+11</sub>	5	13	12	144	110	56,5	130	3,5	M10
110	250	180	150	215	5	15	16	200	130	74	165	3	M12
130	300	230	150	265	5	15	18	242	180	87	215	5	M12
150	350	250	160	300	6	19	18	250	180	102	215	5	M14
180	400	300	180	350	6,5	22	22	300	230	117	265	5	M16

Por último, cabe mencionar que en el apartado final del proyecto, en el anexo 7 titulado como “Rodillo superior” se pueden observar documentos donde son mostradas detalladamente todas las características técnicas de los elementos descritos.

➤ Rodillo transversal no motorizado.

Componente móvil que, al igual que el anterior, se desplaza apoyado en el suelo, a lo largo de unos raíles y mediante un mecanismo de piñón cremallera. El piñón también será accionado mediante una bomba de 0.5 KW de potencia aproximadamente.

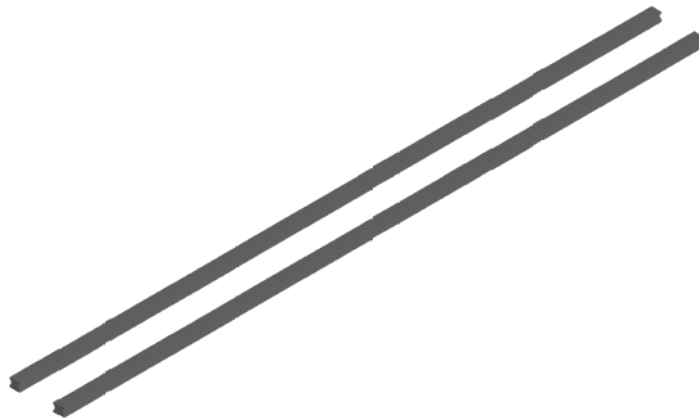
Las elementos integrantes de esta parte del diseño principalmente son tres: el banco, que sirve de sustento y da estabilidad al resto de elementos; el elemento bomba-piñón, cuyo fundamento es transmitir el movimiento de la bomba al piñón, y de éste al banco, transformándolo así en un movimiento rectilíneo; y los rodillos transversales no motorizados, que sirven de apoyo para el tubo y le permiten girar inercialmente.



## ➤ Raíles

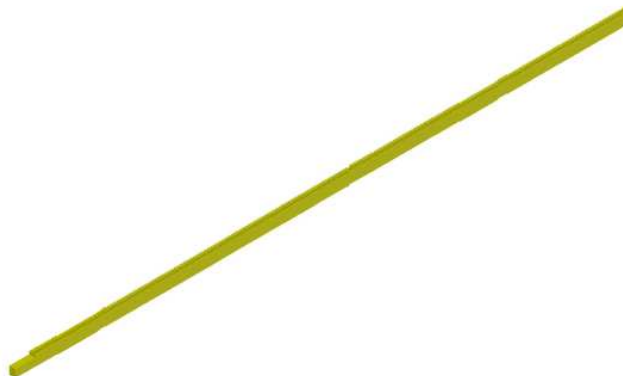
Elementos fabricados en acero inoxidable que van a ser utilizados para describir la trayectoria recta que van a seguir los diferentes bancos portadores de los rodillos transversales y las cabezas enderezadoras. Cada elemento estará apoyado en dos raíles.

El perfil de los raíles tiene forma de diábolo, de esta manera los elementos móviles no podrán separarse del suelo y, por tanto, se moverán paralelamente a él. Estos perfiles deben de tener la rigidez necesaria para soportar las fuerzas de reacción que los elementos hagan sobre ellos.



## ➤ Cremallera

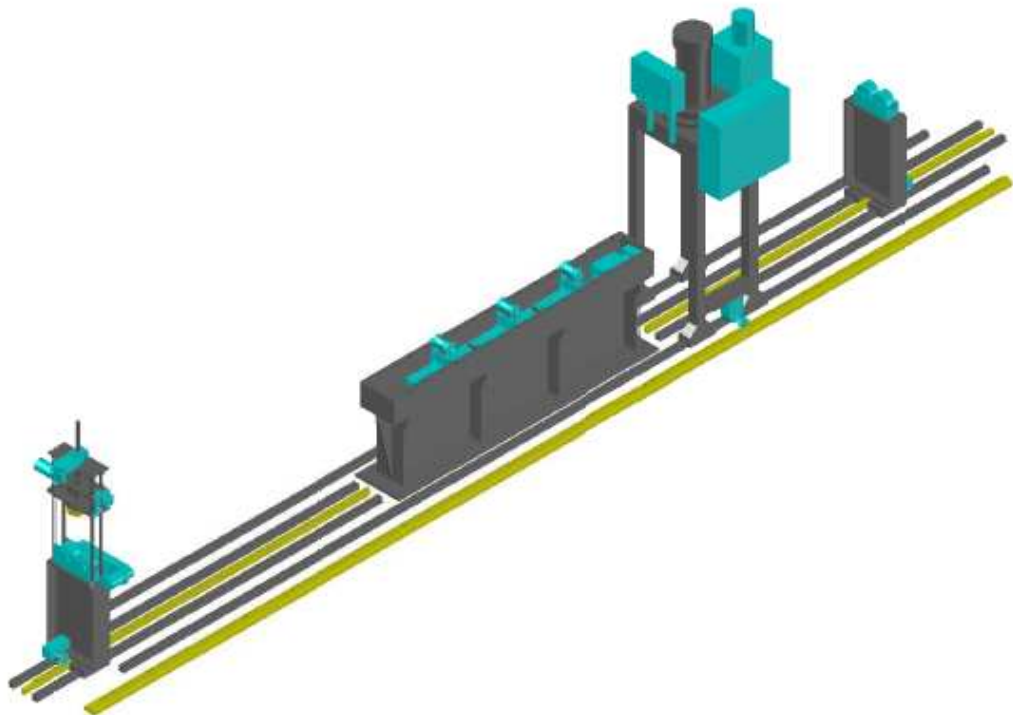
Elemento de engranaje utilizado para convertir el movimiento circular y giratorio del piñón accionado por el motor eléctrico en un movimiento lineal. Mediante este movimiento lineal serán transportados los rodillos transversales y la cabeza enderezadora de la máquina.



### 5.5.1 Diseño 1

Este diseño consta de los siguientes elementos, los cuales están representados en la imagen:

- ❖ Banco.
- ❖ Cabeza enderezadora con forma similar a la antigua.
- ❖ Rodillo transversal motorizado.
- ❖ Rodillo transversal no motorizado.
- ❖ Rodillo superior.
- ❖ 6 Raíles.
- ❖ 3 Cremalleras.



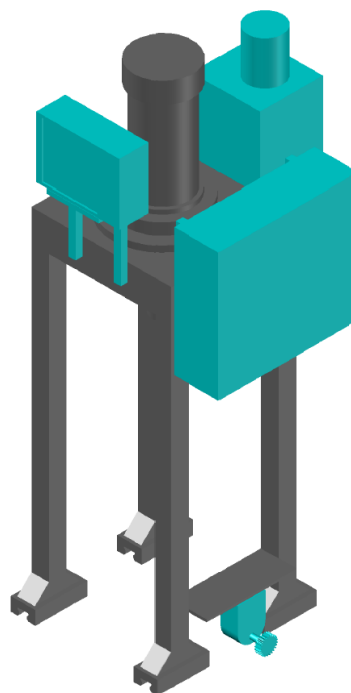
*Diseño 1*

En la parte central del diseño se encuentra el banco. A ambos lados del banco están el rodillo transversal no motorizado y el rodillo transversal motorizado junto con el rodillo superior. Estos componentes se desplazarán horizontalmente a lo largo de dos raíles (cada elemento posee dos raíles propios) y serán propulsados por el accionamiento de un motor eléctrico de 500 W y un mecanismo de piñón-cremallera.

La cabeza enderezadora está unida a dos raíles propios, los cuales están anclados al suelo y se trasladan a lo largo de todo el diseño. Por tanto, la cabeza enderezadora puede transportarse a través del accionamiento de otro motor eléctrico de 1 KW y su correspondiente mecanismo de piñón-cremallera a lo largo de la longitud total del diseño descrito.

La forma de la cabeza enderezadora es prácticamente similar a la existente en la actualidad en la máquina enderezadora objeto de estudio. La principal diferencia visible en este nuevo diseño es que la cabeza está unida a unos raíles anclados al suelo, por lo que se consiguen disminuir las holguras presentes en la máquina actual y aumentar la longitud del desplazamiento de este elemento.

Cabe mencionar que con el diseño de ésta cabeza enderezadora de cuatro patas se consigue una distribución óptima y homogénea de las fuerzas de reacción debido a la simetría existente en ella.



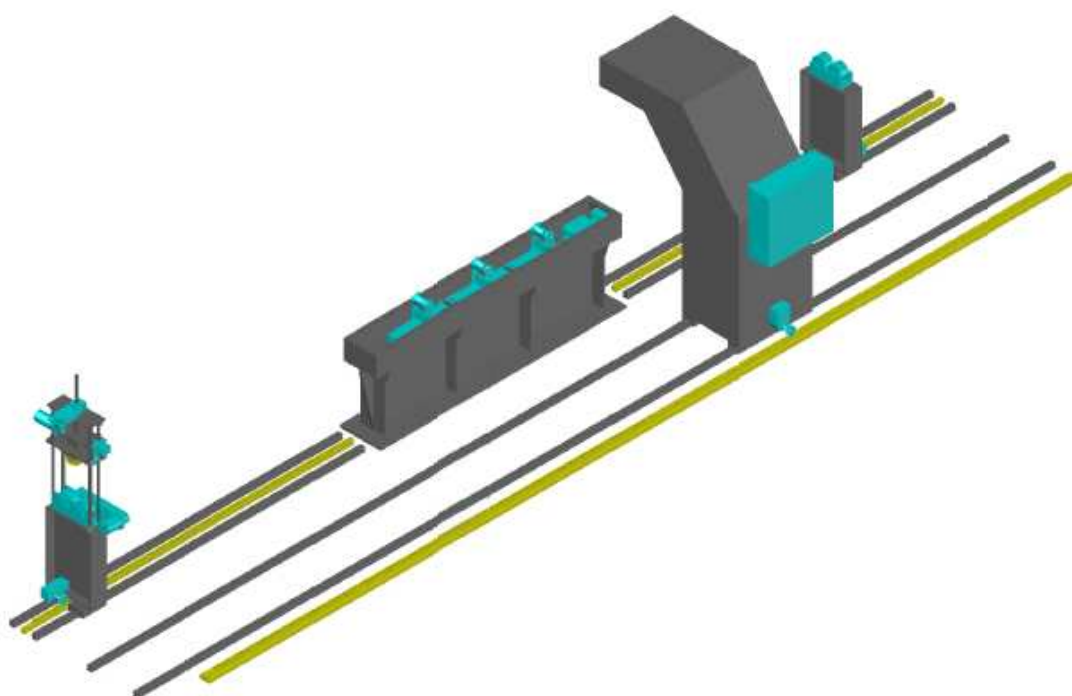
*Cabeza enderezadora diseño 1*

En las siguientes líneas se va a tratar de describir el funcionamiento de este diseño 1. En primer lugar los rodillos transversales y la cabeza enderezadora se encontrarán en sus extremos correspondientes del diseño, el tubo llegará al banco, el cual tendrá la viga en su posición más alta. Una vez colocado el tubo, la cabeza enderezadora se trasladará al punto central del banco y los rodillos a



### 5.5.2 Diseño 2

- ❖ Banco.
- ❖ Cabeza enderezadora con forma de 7.
- ❖ Rodillo transversal motorizado.
- ❖ Rodillo transversal no motorizado.
- ❖ Rodillo superior.
- ❖ 6 Raíles.
- ❖ 3 Cremalleras.



### *Diseño 2*



Como puede observarse y ya se ha comentado con anterioridad, los diseños 1 y 2 son muy similares y prácticamente la principal diferencia reside en la cabeza enderezadora de cada uno de los diseños.

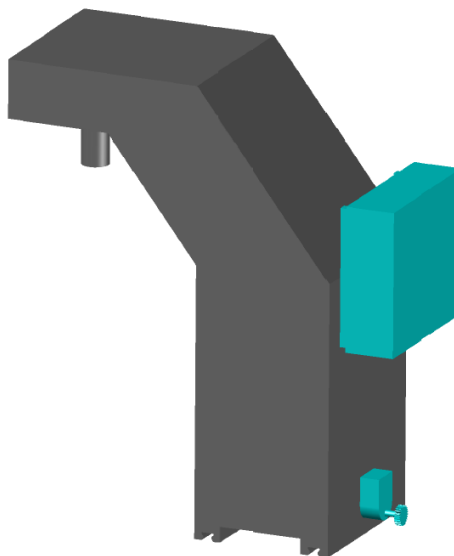
Por tanto, al igual que en el diseño anterior, en la parte central del diseño se encuentra el banco. A ambos lados del banco están el rodillo transversal no motorizado y el rodillo transversal motorizado junto con el rodillo superior. Estos componentes también se desplazarán horizontalmente a lo largo de dos raíles (cada elemento posee dos raíles propios) y serán propulsados por el accionamiento de un motor eléctrico de 500 W y un mecanismo de piñón-cremallera.

En este caso, la cabeza enderezadora también está unida a dos raíles propios, los cuales están anclados al suelo y se trasladan a lo largo de todo el diseño. Por tanto, la cabeza enderezadora puede transportarse a través del accionamiento de un motor eléctrico de 1 KW y su correspondiente mecanismo de piñón-cremallera a lo largo de la longitud total del diseño 2. A diferencia del diseño anterior, la base de la cabeza enderezadora que está unida a los raíles se encuentra desplazada de la línea central del banco, luego ambos raíles se encontrarán desplazados a un lado del banco. Esto conlleva una mayor ocupación del espacio por parte de este segundo diseño.

La forma de la cabeza enderezadora es completamente diferente a la existente en la actualidad en la máquina enderezadora objeto de estudio. La forma que posee este nuevo diseño, como puede observarse en la imagen, es parecida al número 7. Al igual que en el caso anterior, la cabeza enderezadora de este nuevo diseño está unida a unos raíles anclados al suelo, por lo que las holguras presentes serán menores y la longitud de desplazamiento de este elemento será mayor que en la máquina enderezadora utilizada en la actualidad.

Las principales diferencias visibles entre este nuevo diseño y la cabeza enderezadora actual son la forma y que en el nuevo diseño se tiene un lado “abierto”. De esta manera, el lado “abierto” estará orientado hacia donde vengan los tubos que deben ser enderezados consiguiéndose así que pueda moverse la cabeza enderezadora antes de que el tubo se encuentre sobre el banco de enderezado. Con esto, se logra disminuir el tiempo de enderezado de cada tubo con respecto al diseño anterior, ya que no habrá que esperar a que el tubo este colocado sobre el banco para situar la cabeza enderezadora en el punto central del tubo (que es el punto inicial de enderezado).

Cabe manifestar que con el diseño de la cabeza enderezadora en forma de 7 se consigue una peor distribución de las fuerzas de reacción a las que estará sometido, debido a que no existe simetría en ella; y a que las líneas de fuerza de las fuerzas de reacción y las de las fuerzas suelo-cabeza enderezadora son distantes, lo que supone la aparición de momentos de fuerza importantes.



*Cabeza enderezadora Diseño 2*

Una vez conocido el diseño 2 se procederá a explicar cómo es el proceso de pre y post enderezado. Antes de que el tubo sea apoyado en la viga del banco, la cabeza enderezadora ya se podría poner sobre el punto central del banco, luego mientras se introduce el tubo en el banco se procedería a trasladar la cabeza enderezadora al punto central. Una vez colocado el tubo sobre la viga del banco en su posición más alta, se trasladarían los rodillos transversales a cada extremo del tubo correspondiente. Se bajaría la viga y el tubo quedaría apoyado sobre los rodillos transversales. Posteriormente descendería el rodillo superior presionando el tubo y comenzaría el proceso de enderezado automático. Tras el enderezado automático y la retirada del rodillo superior, se procedería a ascender la viga del banco quedando el tubo apoyado en él, y se retirarían los rodillos transversales y la cabeza enderezadora a los extremos del diseño. De esta manera el tubo quedaría enderezado.

### 5.6 Análisis preliminar.

El análisis preliminar de un diseño consiste en la búsqueda y localización de posibles errores o problemas que aparecerán en los primeros diseños realizados. Por lo tanto en este apartado se va a realizar un estudio detallado de los diseños preliminares mostrados con el fin de encontrar la mayor cantidad de problemas que pueden surgir si estos diseños fueran fabricados y puestos en marcha en la empresa objeto de estudio.

En primer lugar se van a nombrar los problemas que acarrearían o mejoras posibles de ambos diseños por igual:

- Un banco de estas características es innecesario, ya que únicamente sirve para apoyar el tubo y levantarlo para que los rodillos transversales puedan colocarse debajo de los extremos del tubo. Por lo que es preferible pensar en otro tipo de banco para que los raíles existentes sean comunes a todos los elementos móviles y así reducir la cantidad de raíles utilizados.
- Excesivo número de raíles y cremalleras. Esto supone un gasto económico y de espacio innecesario, ya que se podría realizar un diseño disminuyendo las unidades de raíles y cremalleras. El objetivo en este caso es emplear únicamente un par de raíles y una cremallera por los cuales se transporte tanto los dos rodillos transversales como la cabeza enderezadora portadora del pistón hidráulico.
- Estudiando detalladamente ambos diseños se ha llegado a la conclusión de que en ambos existe un problema de transporte automático tras el enderezado. Es decir, que una vez que el tubo está enderezado y debe de avanzar a lo largo de la línea de fabricación en los procesos de post-enderezado, existe gran dificultad en el diseño de un componente que se encargue del transporte automático del tubo.

Una vez comentados los problemas o las posibles mejoras que presentan ambos diseños conjuntamente, se procederá a comentar los aspectos positivos y negativos de cada uno de los diseños realizados con anterioridad.

Con respecto al diseño 1 cabe mencionar que sobre la cabeza enderezadora existirá una mejor distribución de fuerzas de reacción debido a la simetría que esta posee. Sin embargo, el diseño de esta cabeza enderezadora es un tanto anticuado. Al poseer cuatro apoyos, los 4 lados de la cabeza son “cerrados” por lo que el tubo debe ser colocado sobre el banco antes de realizar el movimiento longitudinal de la cabeza; y para que sea retirado el tubo, antes debe haber sido trasladada la cabeza enderezadora al extremo del diseño.

Por otro lado, en el diseño 2 cabe resaltar que con él, se logrará una reducción del tiempo de enderezado por tubo, ya que su cabeza enderezadora correspondiente posee uno de sus lados “abiertos”. Lo que con esto se consigue es que la cabeza enderezadora puede colocarse en el punto central del tubo mientras el tubo está siendo trasladado hacia el banco; o bien que se retire la cabeza enderezadora hacia un extremo mientras el tubo está siendo lanzado hacia los procesos de post-enderezado (que se dé una u otra opción depende únicamente de la orientación de la cabeza enderezadora). No obstante, con la cabeza enderezadora diseñada en segundo lugar, las líneas de las fuerzas de reacción existentes van a estar muy distantes de las líneas de fuerza suelo-cabeza enderezadora; por lo que originarán importantes momentos de fuerza temiendo a que el producto no alcance una vida útil lo suficientemente elevada o longeva.

### 5.7 Rediseño y optimización.

Con el fin de evitar la mayor parte de los problemas e implantar la mayoría de las posibles mejoras, planteados en el apartado anterior, se realizará un rediseño y una optimización de los diseños elaborados.

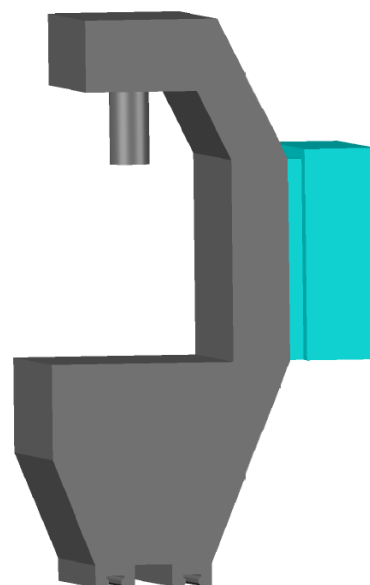
En primer lugar cabe reseñar que los apoyos móviles diseñados, denominados en el presente documento como rodillos transversales, junto con el rodillo superior no van a ser modificados respecto a los diseños preliminares, luego los planos de estos elementos pueden observarse en los diseños 1 y 2. Esto es debido a que los nombrados elementos cumplen a la perfección los objetivos destinados dentro de la totalidad de la máquina. Además, la empresa S+C Spain, puntualizó el deseo de un diseño similar al que se ha ejecutado para estos elementos. Solo mencionar que ambos rodillos transversales han sido completados con la implantación de unas barras metálicas de seguridad, cuyo objetivo es que los rodillos transversales no sean dañados si, por error, colisionan con la cabeza enderezadora. De esta forma, si por error se produce una colisión, la cabeza enderezadora chocará con estas barras y no habrá peligro de que ningún elemento sensible sea dañado.

Por tanto, respecto a los primeros diseños, los elementos que necesitan ser rediseñados fundamentalmente son la cabeza enderezadora y el banco. Otro objetivo que se va a intentar alcanzar en este apartado es reducir el número de raíles y de cremalleras empleados en los diseños anteriores. De esta manera, este nuevo diseño va a contar con un único par de raíles y una cremallera que serán utilizados por todos los elementos móviles del diseño (cabeza enderezadora, rodillo transversal motorizado y no motorizado).

En lo referente a la cabeza enderezadora, se va a tratar de alcanzar un diseño que fusione las ventajas de cada una de las dos cabezas enderezadoras diseñadas. Por un lado, debe disponer de gran estabilidad y una buena distribución de fuerzas como en el diseño 1 y por otro, debe tener un lado “abierto” para facilitar la carga y descarga de tubos, así como para disminuir el tiempo de enderezado de cada tubo como en el diseño 2.

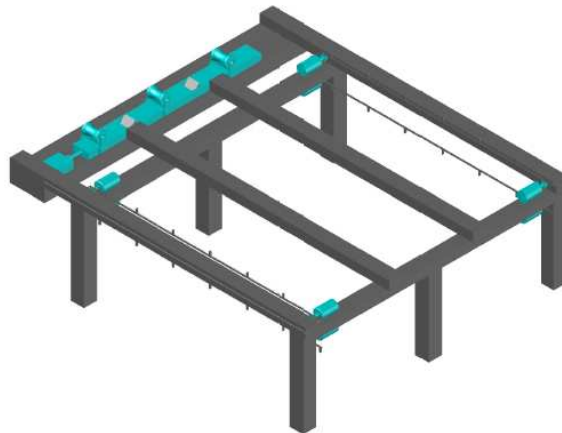
Por lo que el nuevo diseño de la cabeza de enderezado móvil con mesa integrada, mostrada en la imagen y en los planos A10.1: Plano cabeza enderezadora; tiene las siguientes características:

- Se desplazará por los mismos raíles que los rodillos transversales.
- La cabeza de enderezado lleva consigo el pistón, la mesa y la caja eléctrica, donde se almacenan gran parte de los dispositivos electrónicos.
- Su diseño en forma de C posee gran estabilidad. De hecho, la integración de la mesa asegura que el flujo de fuerzas permanezca en el marco con forma de C.
- Las líneas de fuerza son coincidentes por lo que no se van a crear momentos de fuerza que afecten al elemento.
- Debido a su perfil en forma de C, tiene uno de sus lados “abiertos”.
- Se puede mover detrás de la pieza de trabajo para facilitar la carga y descarga de los tubos al banco.
- Posee algunas ventajas como: baja necesidad de espacio y requiere un cambio mínimo.



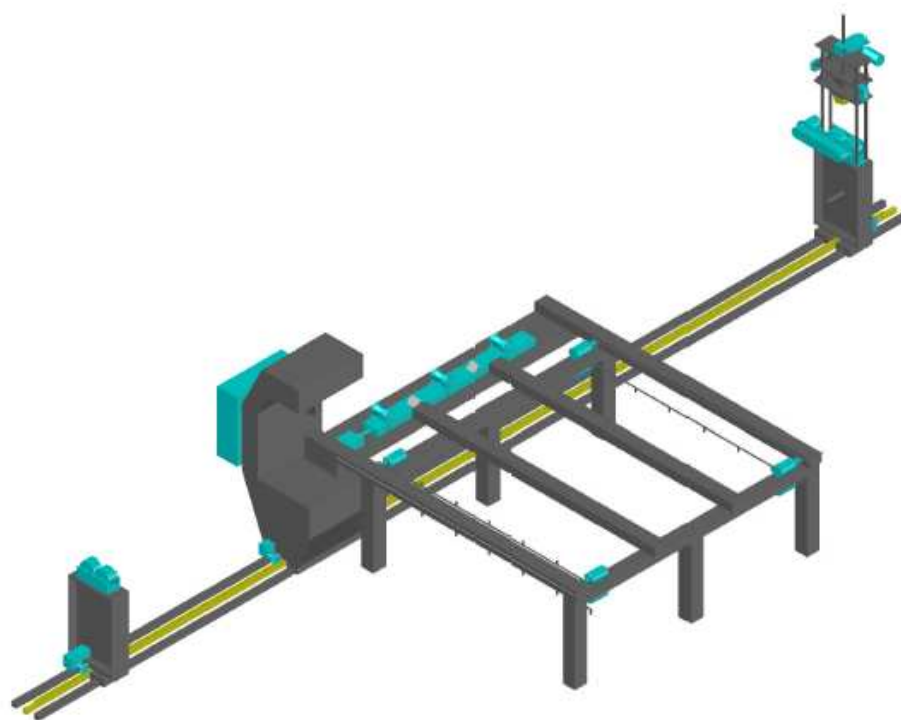
En cuanto al rediseño del banco, el objetivo principal es crear un banco que permita el movimiento de la cabeza enderezadora diseñada. Luego, como la principal utilidad de este elemento es mantener y elevar los tubos antes y después de los procesos de enderezado, el banco diseñado en esta sección va a ser una prolongación del banco de pre-enderezado de transporte automático a través de cadenas. Es decir, el banco en este diseño final va a ser similar a la parte superior del banco de los diseños anteriores unido al banco pre-enderezado por el cual se transportan los tubos automáticamente a través de cadenas (similar al transporte que ya se realiza actualmente antes del puesto de granallado).

De esta manera, la mesa integrada en la cabeza enderezadora podrá desplazarse por debajo del banco descrito y mientras el tubo este trasladándose hacia el banco. Cabe reseñar también que en el banco de pre-enderezado, se instalará los láseres “LAP METIS” para la medición de los diámetros de los tubos. Su plano puede observarse en el Anexo 1: Planos; como A10.2: Plano Banco pre-enderezado.



*Banco pre-enderezado del diseño final.*

Se han descrito todos los elementos que forman parte del diseño final de la máquina enderezadora, por lo tanto, se está en disposición de mostrar el diseño final completo, el cual es el mostrado a continuación, sus planos pueden observarse en el Anexo 10: Diseño final.

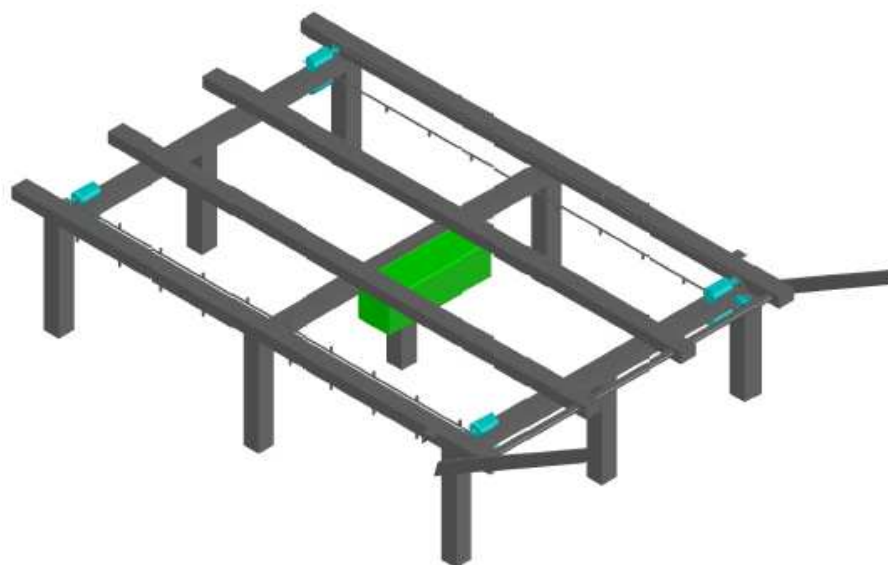


Para finalizar este apartado se va a describir el banco posterior al enderezado. Este elemento no ha sido introducido con anterioridad porque su diseño estaba ya determinado (por parte de la empresa y del diseñador). Su plano puede observarse con el nombre de A10.3: Plano Banco post-enderezado del Anexo 1: Planos.

A lo largo de este banco, el transporte de tubos es automático mediante cadenas accionadas por pequeños motores eléctricos de 0.25 KW de potencia. En un principio, el número total de motores que se van a utilizar son 8, pero este número puede disminuirse si se considera oportuno.

Las barras giratorias situadas al inicio del banco deben ser accionadas manualmente por el operario destinado al puesto de enderezado cuando se desee que un tubo avance al banco de post-enderezado.

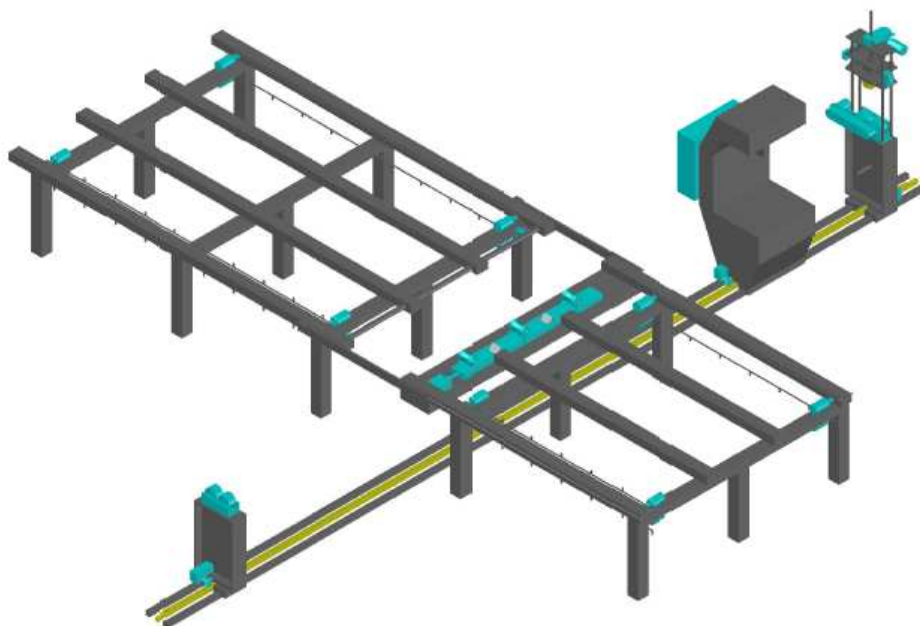
Una de las operaciones importantes que va a realizarse en este banco descrito es el marcaje automático de los tubos. Este marcaje va a basarse principalmente en los siguientes principios, un sensor inductivo de proximidad para situar el tubo sobre los elementos de marcaje; y el sistema de marcado automático con cabezales de spray móviles. El diseño del marcado automático va a ser estudiado, diseñado y puesto en marcha por la empresa Igorle, S.L; con la cual ya se ha estado en contacto y ya ha realizado un presupuesto inicial del proyecto de marcaje automático. En la posterior imagen se ha representado mediante una caja de color verde el lugar donde se desea colocar el sistema de marcaje diseñado.



*Banco de post-enderezado.*



De esta forma, el diseño completo del puesto de enderezado quedaría de la siguiente manera ilustrada a continuación.



*Puesto de enderezado completo-cerrado.*

### 5.8 Validación del diseño final.

Con el diseño final, se ha conseguido elaborar un proyecto de máquina enderezadora de tubos que trabaje prácticamente en su totalidad de forma automática, únicamente con la supervisión y apoyo de un empleado de la empresa. Además, la máquina final diseñada cumple con el requisito de espacio disponible, el cual no puede acrecentarse porque el puesto de enderezado está situado entre maquinaria incapaz de desplazarse.

Con este diseño final se dan por cubiertas todas necesidades enumeradas en el apartado 5.3 Carencias de la máquina. Por un lado, desaparecerían las necesidades derivadas del producto, las cuales son:

- ❖ Implantación de un sistema de medición que garantice que la curvatura sea menor que la curvatura mínima permitida: Detector láser LK-501.
- ❖ Aumento de la presión de trabajo del pistón: Instalación de un sistema hidráulico BiPAC, similar al empleado en la máquina ASV fabricada por la empresa MAE.



- ❖ Desplazamiento horizontal de los rodillos transversales: Esto es posible a través de los raíles y los mecanismos de piñón-cremallera.
- ❖ Diseño del rodillo superior para asegurar el giro del tubo y posibilitar la medición de la curvatura: Este rodillo ha sido diseñado y fabricado.
- ❖ Cabeza enderezadora con movimiento más allá del extremo del tubo para facilitar la carga y descarga manual o automática: Es posible a través de su desplazamiento por los raíles impulsada por un mecanismo de piñón-cremallera.

Por otro lado, también desaparecerían las necesidades de la máquina y el puesto de enderezado derivadas de los objetivos productivos enumerados en apartados anteriores. Estas necesidades cubiertas por este diseño final son:

- ❖ Sistema de programación automática que realice ciertas acciones (salidas) en función de las entradas recibidas: Implantación del autómatas Simatic S7 300 fabricado por Siemens.
- ❖ Transporte de tubos automático para evitar lesiones en los operarios: Instalación de mecanismos de arrastre por cadenas impulsados por motores eléctricos de 0.25 KW de potencia.
- ❖ Marcado de tubos y control dimensional automáticos para evitar errores humanos y reducir el tiempo de ciclo: Ubicación en los diferentes bancos de los sistema de marcado “Spray REA JET BLOCK-7” y sistema de medición láser de diámetros “LAP METIS”.
- ❖ Modificación del lay-out de puesto de trabajo para eliminar transportes innecesarios reduciendo así el tiempo de ciclo e incrementando la productividad: Con el nuevo diseño se han eliminado el transporte transversal de los tubos.

Con las modificaciones realizadas en este definitivo diseño, también se ha logrado la eliminación de los posibles errores o problemas presentados en los diseños preliminares; y la aportación de ciertas mejoras. Por tanto, el diseño será validado debido a las modificaciones enumeradas a continuación.

Los errores, los problemas y las posibles mejoras, mencionados detalladamente en el apartado 5.6. Análisis preliminar, que han sido suprimidos y aportados en el diseño final son los siguientes:

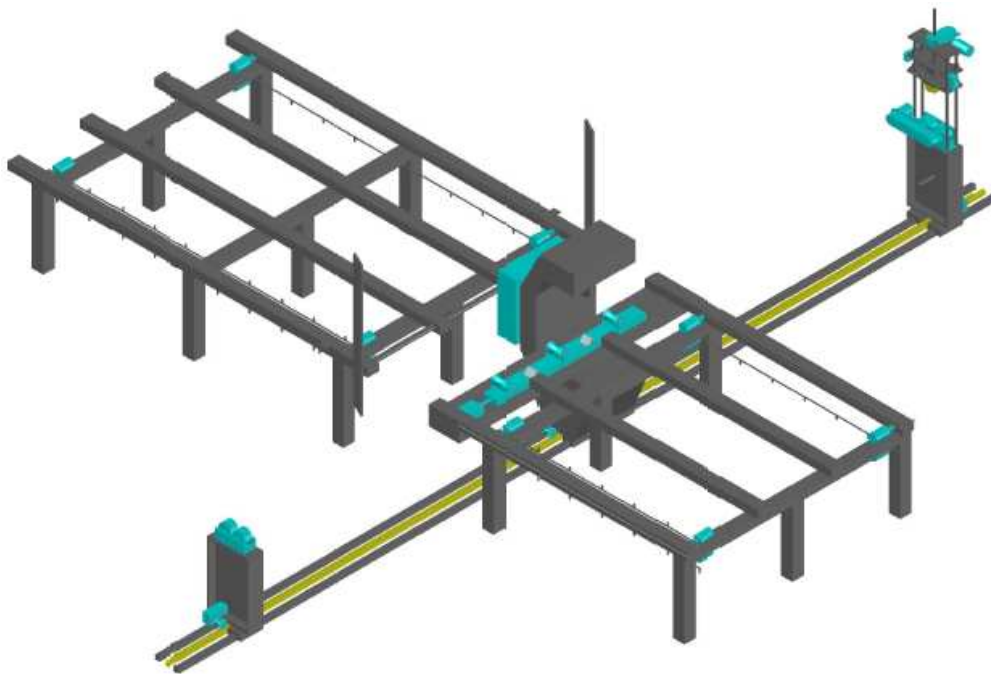
- Rescisión de un banco de tales características debido a su no necesidad. Ya que el único fin de este banco es el de ser utilizado como apoyo para los tubos y la posibilidad de elevarlos con la viga, elemento constituyente del banco, se ha declinado por la idea de que el banco sea una prolongación del banco de pre-enderezado.

- Reducción del número de raíles y cremalleras utilizadas. En este proyecto únicamente se utilizarán dos raíles y una cremallera por los cuales podrán desplazarse todos los elementos móviles del diseño (los dos rodillos transversales y la cabeza enderezadora). Con el empleo del mínimo número de este tipo de elementos se conseguirá un ahorro económico y dimensional del diseño total.
- Buena distribución de fuerzas a lo largo de la cabeza enderezadora debido al adecuando diseño en forma de C que ésta posee. En la confección de este diseño se ha basado en la cabeza enderezadora ya existente en la máquina enderezadora automática fabricada por la empresa alemana M.A.E. Por esta razón, la integración de la mesa en la cabeza enderezadora asegura que el flujo de fuerzas permanezca en el marco con forma de C.
- Eliminación de la posibilidad de que se creen elevados momentos de fuerza en la cabeza enderezadora de la maquina que causen deterioros o averías en el diseño. Con el nuevo diseño de la cabeza enderezadora, en el cual las líneas de acción de fuerzas son coincidentes, no existirán importantes momento de fuerza.
- Reducción del tiempo total de enderezado del tubo. Como la cabeza enderezadora tiene forma de C, es decir, uno de sus lados es “abierto”, se puede introducir el tubo sobre el banco al mismo tiempo que la cabeza enderezadora está moviéndose hacia el punto central del tubo para comenzar con el enderezado automático controlado por el autómata. De esta manera, se conseguirá reducir el tiempo total de enderezado ya que no es necesario que el tubo esté en su posición antes de trasladar la cabeza enderezadora.

Cabe mencionar que la descarga de los tubos de la máquina enderezadora automática deberá realizarse con la ayuda del trabajador del puesto de trabajo de enderezado. Se ha declinado a esta opción debido a tres razones principalmente, que son: la dificultad encontrada en el diseño de un componente que se encargue en la descarga automática de los tubos, la distancia existente entre el banco de enderezado y el banco de post-enderezado para el traslado de la cabeza enderezadora en forma de C diseñada y el plus económico que resultaría el diseño e instalación de un nuevo elemento que únicamente se encargue de la descarga de los tubos. Por lo dicho, se ha decidido que sea el empleado el que transporte

manualmente los tubos al banco de post-enderezado una vez que haya finalizado el proceso de enderezado. Esta acción requiere únicamente de un simple empujón de los tubos ya que la distancia a recorrer es inferior a 1.5 metros.

Finalmente, repetir que al igual que la máquina enderezadora actual y como era de esperar, en el nuevo diseño van a emplearse como sistema de seguridad barreras fotoeléctricas. Se utilizarán los mismos sensores que están colocados actualmente en la máquina, de esta forma se producirá un ahorro económico en el coste del nuevo diseño y el proceso de enderezado será completamente seguro como lo es en la máquina enderezadora actual.



*Puesto de enderezado completo-abierto.*

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En esta parte del documento se han recopilado todos los datos obtenidos en la enderezadora. En primer momento, tras decidir el funcionamiento de la máquina, el programa instalado en ella era absolutamente manual, es decir, este requería insertar el valor de la constante manualmente antes de cada acción del pistón hidráulico sobre el tubo. Por ello, en primer lugar, se introdujo las constantes de forma manual y se recopilaron todos los valores obtenidos. Posteriormente, se pensó en la nueva programación automática con el fin de conseguir que el programa determinara el valor de la constante que debía introducir en función de la diferencia o curvatura que posea cada tubo.

### 6.1 Recopilación de datos en función de pedidos, calidades, dimensiones, etc.

#### 6.1.1 Por pedidos

Cabe mencionar que el tipo de sistema productivo empleado en SCHMIDT CLEMENS SPAIN es una producción “just in time”. Este tipo de producción es caracterizado por satisfacer la demanda de los mercados de masas, pero, en lugar de fabricar grandes lotes de una pequeña variedad de productos, fabrica pequeños lotes de una gran variedad de productos.

El sistema justo a tiempo consiste en producir, en todas las fases del proceso de fabricación, lo que se necesita, en el momento adecuado y únicamente la cantidad requerida en cada caso. Además, no solo responde al reto de la diversidad de productos a un coste reducido, también permite alcanzar otras dos importantes ventajas competitivas: producir productos de elevada calidad y reducir el tiempo del ciclo completo de producción (lead time), por lo que puede responder más rápidamente a los cambios del mercado.

Por tanto, el justo a tiempo es un sistema basado en la demanda. En cada operación se produce tan sólo lo necesario para satisfacer la demanda del producto que se trate, lo cual contrasta con el sistema tradicional en grandes lotes, que siguiendo un programa de producción fijo se adelanta a la demanda del mercado.

El funcionamiento de la producción en SCHMIDT CLEMENS SPAIN es el siguiente, el cliente lanza el pedido deseado y, cumpliendo con los requisitos de calidad que caracterizan a la empresa, este estará disponible en el plazo de entrega y con el precio pactado. Es decir, una vez que el cliente ha realizado el pedido, la empresa se organiza y planifica para producirlo antes de que finalice el plazo de entrega.

Ante el funcionamiento de la empresa descrito y con el fin de amoldarse a su manera de trabajar, los valores obtenidos han sido recopilados para cada pedido. Esta ha sido una decisión forzada por el funcionamiento de la empresa.

## 6.1.2 Por calidades

Las propiedades elásticas de los tubos son muy dispares en función de diversos factores tales como las dimensiones, la calidad, la temperatura, etc. De entre todas ellas, la más influyente es la calidad a la que pertenece cada tubo, ya que como se ha definido anteriormente en el apartado *3.1.7 Materiales S+C* del presente documento, las propiedades elásticas y plásticas varían notablemente en función de la calidad.

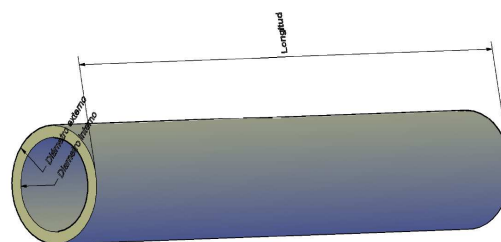
Las calidades más comunes con las que se trabaja en SCHMIDT CLEMENS SPAIN son principalmente las denominadas G 4852 Micro y G 4879 Micro. De las cuáles, la segunda de ellas presenta mayor elasticidad y un límite elástico superior. Otras calidades muy utilizadas en la empresa son la ET 45 Micro, la cual presenta cierta elasticidad y no muy alto límite de rotura; y 60 HT D, esta es una calidad novedosa que posee una gran elasticidad y un muy alto límite de rotura.

Se ha podido determinar durante la recopilación de datos que en los pedidos en los que se trabajaba con la misma calidad el comportamiento que poseían los tubos era similar.

Por tanto en función de las calidades, se han ido agrupando datos para la elaboración de las gráficas que posteriormente serán introducidas al programa automático.

## 6.1.3 Por dimensiones.

Una vez que los tubos son clasificados en función de la calidad, los factores que influyen son las dimensiones que tienen los tubos. Las principales dimensiones que caracterizan cada tubo son: diámetro exterior, diámetro interior y longitud.



En el estudio realizado se ha podido determinar las relaciones entre las medidas dimensionales y la elasticidad o flecha que presentan los tubos. Así, como es lógico y se puede corroborar en la siguiente ecuación de la flecha ya representada anteriormente:

$$f = \frac{\sigma \cdot L^2}{6 \cdot E \cdot OD}$$

El diámetro exterior (OD) es inversamente proporcional a la flecha producida en el tubo accionado mediante el pistón hidráulico. Por otra parte, el diámetro interior no tiene una influencia notable en la elasticidad que caracteriza al tubo. Y por último, la longitud del tubo es directamente proporcional a la flecha que presenta el tubo. Es decir, si el diámetro exterior aumenta, la flecha elástica máxima disminuirá; y por el contrario si el diámetro exterior disminuye, la flecha elástica máxima aumentará. Y por otro lado, si la longitud del tubo aumenta, la flecha elástica máxima aumentará; y si la longitud del tubo disminuye, la flecha elástica máxima disminuirá.

Por tanto, en la realización de las gráficas se ha tenido en cuenta estas relaciones entre las dimensiones y las flechas. De esta manera, a partir de gráficas ajustadas a tubos pertenecientes a un pedido y una calidad se podrán elaborar con mayor rapidez otras gráficas para un pedido diferente pero de la misma calidad.

## 6.2 Clasificación, elaboración e inserción de nuevos gráficos al programa.

En este apartado se va a explicar cuál ha sido el procedimiento para la elaboración y clasificación de los gráficos que han sido introducidos al programa automático instalado. Al final del capítulo también se mostraran algunos de los gráficos ejecutados.

### 6.2.1 Clasificación de los gráficos.

Antes de explicar el procedimiento de la realización de los gráficos, cabe mencionar que inicialmente se pensó que un único gráfico sería suficiente para el enderezado de todos los tubos de cada pedido. Sin embargo, el ajuste de este gráfico único para todos los tubos de cada pedido resultó imposible por las grandes diferencias existentes en la curvatura de cada tubo. Por tanto, para poder ajustar de forma eficiente los gráficos se propuso agrupar los tubos de cada pedido en función de la curvatura inicial que presentaban.

La explicación científica respecto al diferente comportamiento que presentan los tubos que poseen grandes diferencias en la curvatura inicial es que para lograr el enderezado hay que introducirse más o menos porcentaje en la zona plástica, lo que supone un mayor o menor aumento del límite elástico.

Con el fin de aclarar la explicación anterior se va a poner un ejemplo. Suponemos que se tiene un tubo con una pequeña curvatura y otro con una gran curvatura. Para conseguir enderezar el tubo con gran curvatura, la deformación permanente que es necesario alcanzar es superior a la del tubo con pequeña curvatura, por tanto, será necesario introducirse un mayor porcentaje en la zona plástica, lo que conlleva un mayor aumento del límite elástico. De esta manera, cuando se ha conseguido que los dos tubos tengan la misma pequeña curvatura, de los cuales uno de ellos ha sido accionado con el pistón hidráulico y el otro no, el comportamiento plástico de los tubos va a ser muy diferente porque el que ya ha sido accionado va a disponer de un límite elástico mucho más elevado que el otro.

Por consiguiente, para minimizar esta diferencia de comportamiento entre tubos de un mismo pedido y poder ajustar los gráficos introducidos en el programa, se adjudicaron diferentes gráficos para un mismo pedido en función de intervalos de la curvatura inicial presentada.

## 6.2.2 Elaboración de gráficos.

En primer lugar, como ya se ha comentado con anterioridad, se accionó la máquina manualmente y se desempeñó la tarea de recopilar todos los datos. Con todos los datos agrupados por pedidos se pasó a la elaboración de los gráficos.

Para elaborar los gráficos, se ha procedido a realizar un análisis de la recopilación de datos obtenida. Para ello, se agruparon por intervalos de curvatura las acciones del pistón hidráulico que resultaron adecuadas.

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT-ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4260	136-108,1	20,1	2	3,6	2	0,9	
			3,6	6	3,3	3		
			1,7	9	2,3	4		
			1,3	11	2,5	3		
			1,3	12	2,5	4		
			1		2	5		
					2	6		
					1,4	7		
			1,2	10	1,4	8		
			0,4		1			

*Determinación de acciones adecuadas del pistón.*



Una vez que se tuvo en cada intervalo de diferencia (curvatura que presenta el tubo) los valores de la constante que han sido óptimos, se pasó a realizar la media entre todos ellos. A partir de las medias de cada intervalo se confeccionaron funciones que se aproximarán a los valores obtenidos. Tras probar con diferentes tipos de funciones se comprobó que el tipo de ecuación que más se aproximaba y además, de la manera más sencilla, es con funciones polinómicas. Luego, con funciones a trozos elaboradas con ecuaciones polinómicas (de tercer grado como máximo) se consiguieron hacer todos los gráficos expuestos.

36.028-Pos 5179 Centro [20-30]											
1,1-1,5		1,5-2,0		2,0-3,0		3,0-5,0		5,0-10,0		10,0-20,0	
13		10		7		5		4		2	
9	0	10		8		4		3		2	
11		10		9		6		2		2	
13		9		12	1	7	1	2		2	
16,5	1	12	1	6	0	5		3		2	
12		10		7		5		14	2,8	2	
14		12	1	8		4				2	
15	1	9,5		6	0	3	0			2	
10	0	10		8		6				16	2
17	1	12	1	7		5					
12		10		9		6					
15	1	11,5	1	8		4					
12		6	0	10	1	5					
9	0	8	0	6	0	3	0				
12		12	1	8		6					
13		152	10,13	7		4					
14				9		6					
217,5	12,79			9,5	1	4					
				9,5	1	4					
				6	0	7	1				
				7		99	4,95				
				9							
				7							
				7,5							
				190,5	7,94						

*Recopilación de acciones adecuadas y cálculo de medias.*

Cuando el primer gráfico ha sido ya realizado se procede a insertarlo en el programa y observar su comportamiento. Normalmente los gráficos iniciales han necesitado ajustes en algunos intervalos para que el programa consiguiera enderezar los tubos de una manera rápida y eficaz. Tras las modificaciones y ajustes necesarios se obtiene el gráfico final que consigue enderezar los tubos automáticamente de forma eficiente.

## 6.2.3 Gráficos elaborados

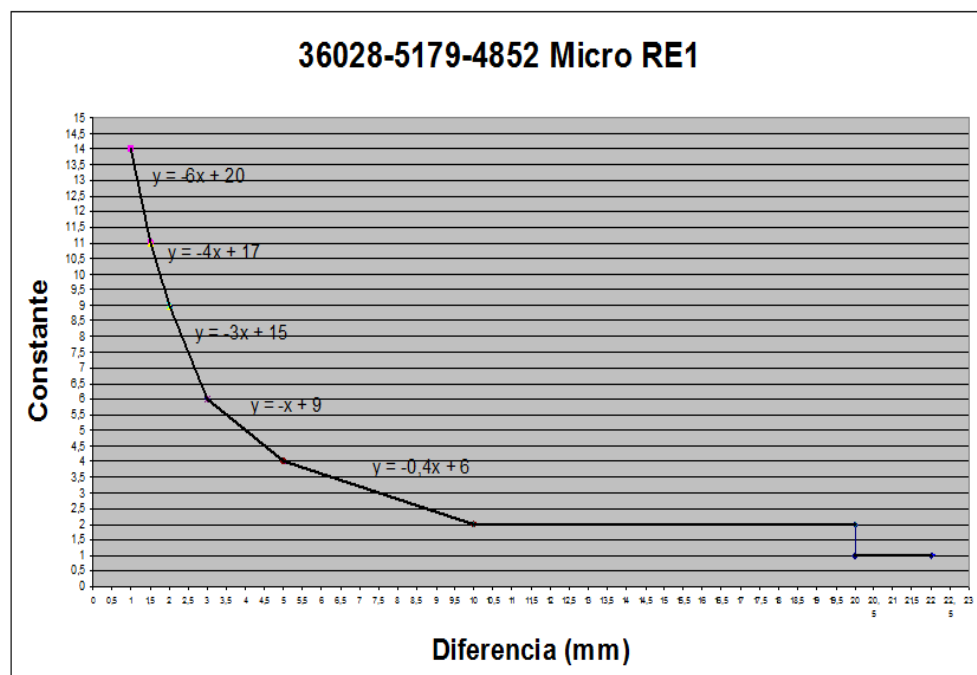
En esta parte del capítulo se van a mostrar algunos de los gráficos finales confeccionados para ciertos pedidos. Tras la elaboración inicial de los gráficos, estos han sido insertados en el programa y ajustados, alcanzando finalmente los gráficos representados a continuación. De entre todos los gráficos ejecutados, se pueden distinguir dos tipos de ellos, en función de si se realizó o no separación por intervalos de curvatura inicial.

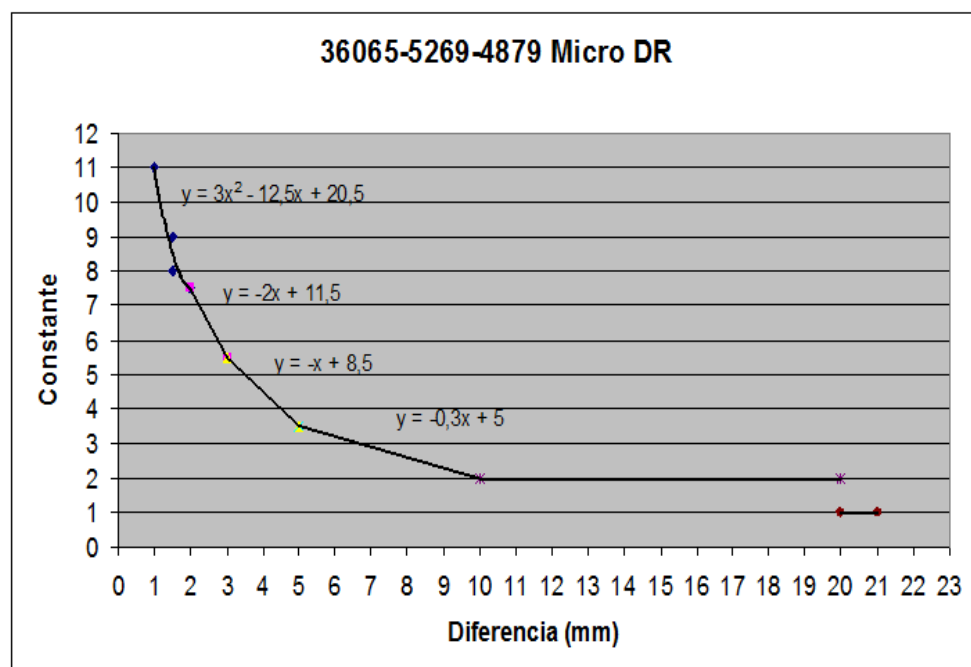
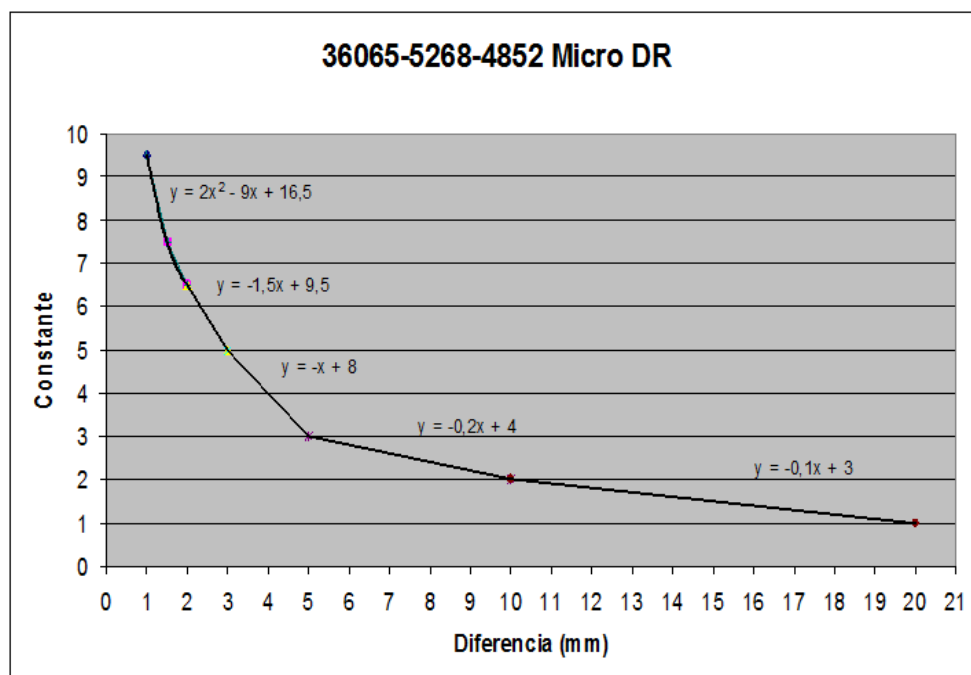
Cabe destacar que en este apartado únicamente se mostrarán algunos de ellos para hacerse una idea del aspecto que presentan los gráficos elaborados. La totalidad de los gráficos quedará representada en el Anexo 3: Gráficos; del presente documento.

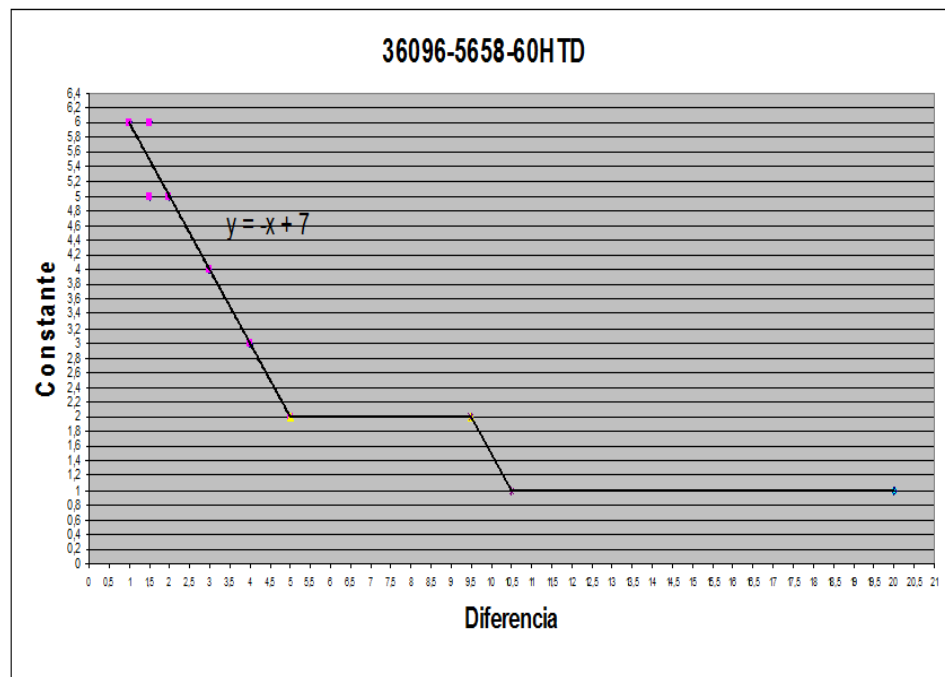
### 6.2.3.1 Gráficos únicos para cada pedido.

Este tipo de gráficos son los que se realizaron inicialmente cuando se pensó que una única gráfica resultaría suficiente para el enderezado de todos los tubos correspondientes a un mismo pedido. Para el único tipo de tubos que resultaron adecuados estos gráficos aislados fueron para tubos con gran diámetro externo, ya que estos por lo general presentaban una curvatura inicial pequeña y homogénea entre la mayoría de los productos.

Algunos de los gráficos de este tipo fabricados durante las prácticas fueron los siguientes:



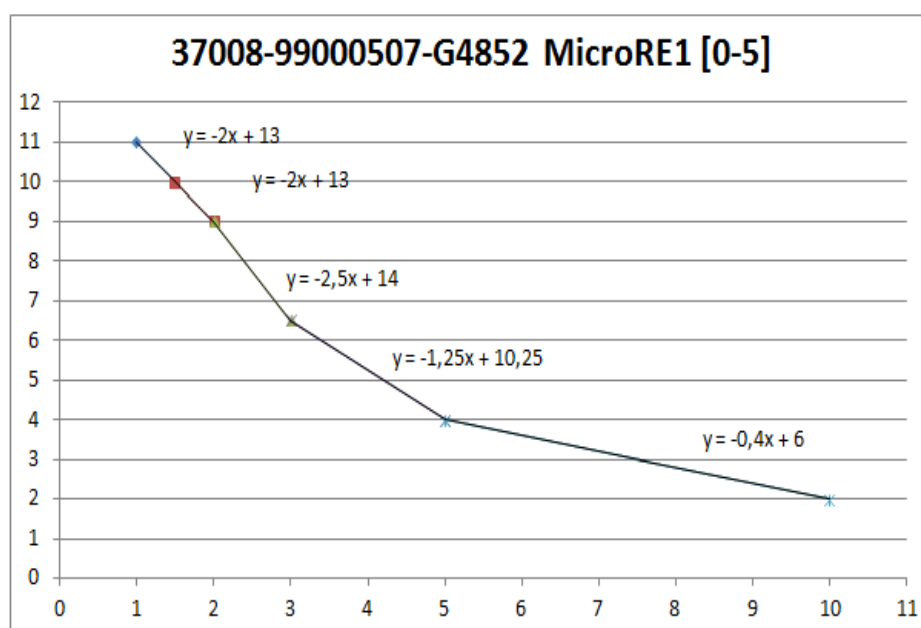


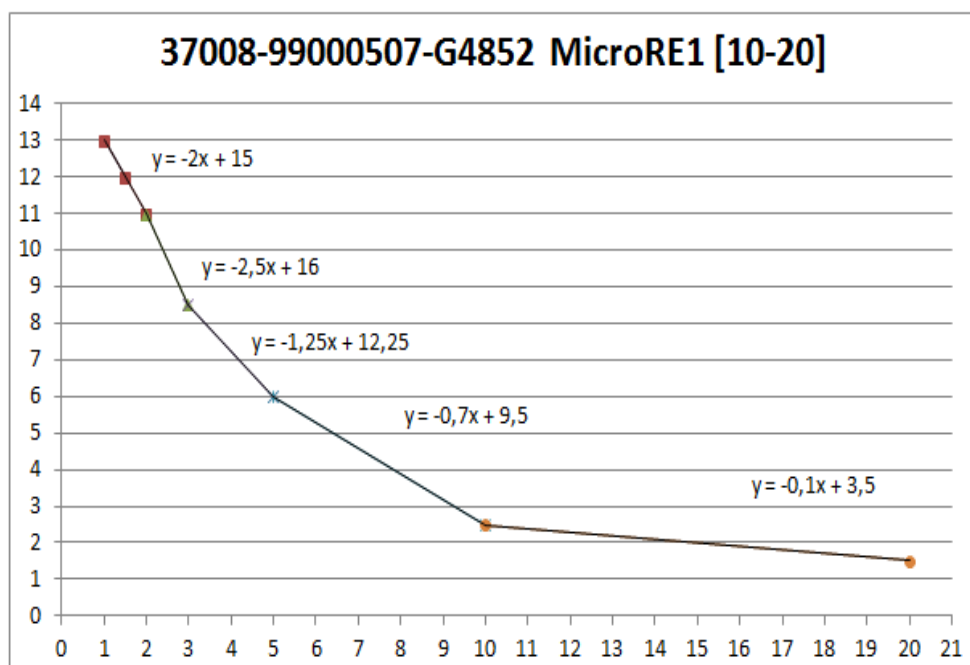
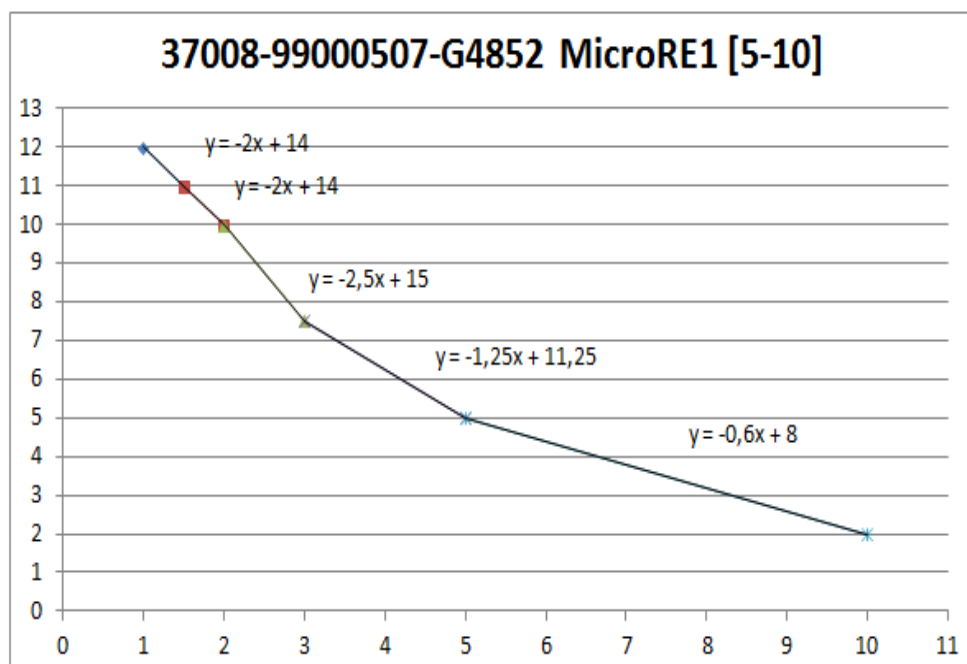


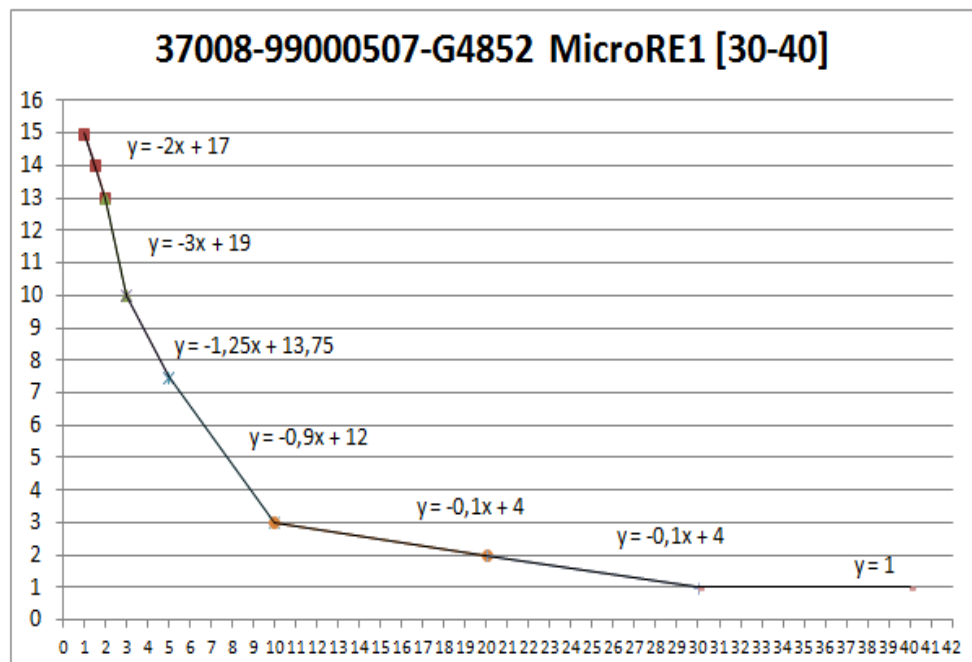
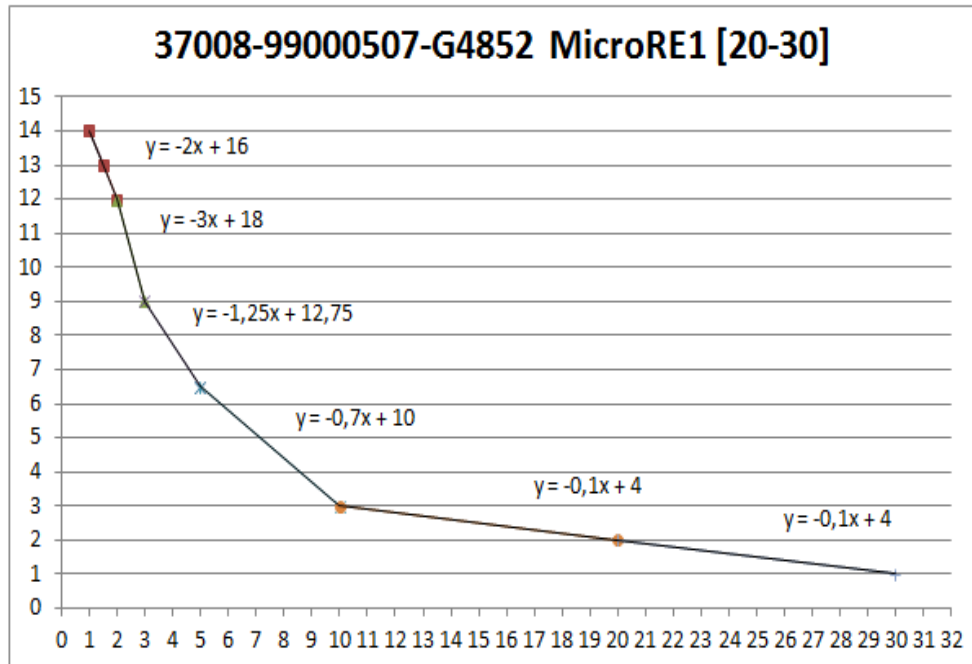
## 6.2.3.2 Gráficos separados por intervalos de curvatura inicial.

Para pedidos que presentaban grandes diferencias en la curvatura inicial apareció la necesidad de establecer más de un gráfico por las razones ya comentadas en el apartado anterior. Por consiguiente, se realizó una gráfica para cada intervalo de curvatura inicial presentada.

Como ejemplo se muestra el siguiente conjunto de gráficos para un pedido:







Como se puede observar en el conjunto de gráficos correspondiente al pedido 37.008-99000507-G 4852 Micro RE1, a medida que la curvatura inicial es mayor la constante que se debe introducir aumenta consiguiendo así que la flecha aplicada por el pistón hidráulico sea mayor. Es necesario que la flecha sea superior porque el límite elástico habrá aumentado.

## 6.3 Evolución de resultados esperable en la máquina como sistema productivo.

En este apartado se va a realizar un análisis de resultados del nuevo diseño elaborado desde el punto de vista productivo. Se va a estudiar la mejora en la productividad en el puesto de enderezado que supone la instalación del diseño final. Para ello, se van a diferenciar dos puntos de vista distintos, que son los siguientes, desde el punto de vista de las instalaciones y desde el punto de vista de la productividad de la máquina enderezadora.

### 6.3.1 Punto de vista de las instalaciones y volumen de fabricación.

Desde este punto de vista, se van a estudiar las diferencias existentes entre la capacidad de producción presente con la máquina enderezadora utilizada actualmente en la empresa y la futura capacidad de producción esperada con el diseño de máquina enderezadora realizado en el apartado anterior.

En primer lugar se analizará la producción actual, después se realizará un estudio de estimación de la producción futura esperable y se compararán ambos. De esta manera podrá calcularse el número de piezas en que va a incrementarse la producción anual. Posteriormente, mediante un estudio de la inversión realizada, y el beneficio por pieza podrá calcularse la mejora económica obtenida por pieza y el plazo de amortización de la inversión.

Como en la empresa S+C Spain se trabaja a tres turnos y cinco días a la semana, existen 15 relevos por semana:

#### ➤ Producción actual

En el puesto de enderezado los tubos son granallados y enderezados. Aproximadamente, el granallado de tubos tarda 8 minutos cada tubo, y el enderezado entorno a 10 minutos cada tubo. Por tanto, la producción media actual en el puesto de enderezado es de aproximadamente 50 tubos por turno de trabajo.

$$\text{Producción actual} \rightarrow X = 6,25 \text{ piezas/h}$$

#### ➤ Producción futura

Con el nuevo diseño del puesto de enderezado, el granallado seguirá siendo de 8 minutos por tubo; pero el enderezado se pretende reducir a 7 minutos por tubo. Por ello, si hacemos un sencillo cálculo de los tubos que podrán ser granallados y enderezados en un relevo de trabajo con la



nueva máquina enderezadora diseñada, se podrán fabricar entorno a 64 tubos por turno de trabajo.

$$\text{Producción futura} \rightarrow Y = 8 \text{ piezas/h}$$

- Incremento de piezas fabricadas.

Con el nuevo diseño se van a poder fabricar más piezas que en la actualidad, ya que ese es uno de los objetivos del diseño. El incremento de piezas fabricadas por año va a ser el calculado a continuación:

$$\begin{aligned} \Delta &= (X - Y) \text{ piezas/h} \cdot 215 \text{ días/año} \cdot 24 \text{ h/día} \\ &= (8 - 6.25) \text{ piezas/h} \cdot 215 \text{ días/año} \cdot 24 \text{ h/día} \\ &= 9030 \text{ piezas/año} \end{aligned}$$

- Beneficio por incremento del volumen de fabricación

$$\text{Inversión} \rightarrow I = 248.646 \text{ €}$$

$$\text{Amortización (10 años)} \rightarrow A = \frac{248.646 \text{ €}}{10 \text{ años}} = 24.865 \text{ €/año}$$

$$\text{Precio venta pieza} \rightarrow P = \frac{100.000.000 \text{ €}}{21.207 \text{ piezas}} = 4715,4 \text{ €/pieza}$$

Suponiendo un beneficio de la empresa por cada pieza sea de un 1%:

$$\text{Beneficio por pieza (1\%)} \rightarrow B = 0,01 \times 4715,4 = 47,15 \text{ €/pieza}$$

$$B_{\text{volumen}} = 47,15 \text{ €/pieza}$$

## 6.3.2 Productividad de la máquina.

En este apartado se va a examinar la productividad de la máquina. Esto, puede definirse como el ahorro obtenido en la productividad debido a la instalación de la nueva máquina enderezadora diseñada. Este ahorro económico va a deberse a que con la nueva máquina enderezadora únicamente es necesario un operario en el puesto de trabajo de enderezado. En la actualidad en éste puesto trabajan dos

operarios, luego la empresa S+C Spain podría ahorrarse uno de esos sueldos. Esto podría ilustrarse de la siguiente manera:

$$\frac{1 \text{ persona/relevo} \times 3 \text{ relevos} \times 35.000 \text{ €/año}}{21.207 \text{ nº piezas/año}} = 4,95 \text{ €/pieza}$$

$$B_{\text{productividad}} = 4,95 \text{ €/pieza}$$

### 6.3.3 Mejora total anual.

La mejora total alcanzada con el diseño e implantación del proyecto estudiado será la suma de los puntos de vista anteriores, es decir, la suma del beneficio desde el punto de vista del incremento del volumen fabricado y de la productividad de la máquina o del ahorro al no tener más que un trabajador en el puesto.

$$B_{\text{total}} = B_{\text{volumen}} + B_{\text{productividad}} = 47,15 + 4,95 = 52,1 \text{ €/pieza}$$

Y el beneficio adicional al año será:

$$B_{\text{año}} = 52,1 \text{ €/pieza} \times 9030 \text{ piezas/año} = 470.463 \text{ €/año}$$

Por tanto, el plazo de amortización de la inversión podrá determinarse dividiendo la inversión entre el beneficio adicional anual:

$$\text{Plazo amortización} = \frac{I}{B_{\text{año}}} = \frac{248.646 \text{ €}}{470.463 \text{ €/año}} = 0,53 \text{ años}$$

Luego, el proyecto es altamente rentable, ya que aproximadamente en medio año, la inversión realizada será amortizada con los beneficios adicionales obtenidos con la instalación de la nueva máquina enderezadora de tubos de aleaciones especiales.

## 7. TÉCNICA Y TECNOLOGÍA UTILIZADA.

En este capítulo del Proyecto Fin de Carrera se va a hacer una descripción detallada de la totalidad de las técnicas y la tecnología utilizada.

### 7.1 Detectores de medida láser: LK-2500 Series.

En este apartado se va a definir el tipo de detector de medida láser que se ha empleado en la nueva propuesta del proyecto. En primer lugar se va a explicar el funcionamiento y algunas de las principales aplicaciones que tienen el tipo de detector láser LK Series.

Los detectores de medida láser “LK Series” fabricados por la marca Keyence, son un innovador sistema de medición CCD que ofrece una precisión y un rendimiento sin igual. El sensor de la serie LK láser de desplazamiento cuenta con un procesador de nuevo desarrollo CCD y 32 bits para una medición precisa de la altura, anchura y posición, sin que se vea afectada por el color, la textura de la superficie o la luz parásita.

La serie LK cuenta con una muy alta resolución de una micra y una linealidad de tan sólo  $\pm 0.1\%$  del FS, independientemente de las propiedades de la superficie objeto.

Además, dispone de un diámetro de punto mínimo de 30  $\mu\text{m}$  que permite la medición extremadamente precisa del contorno de la superficie.

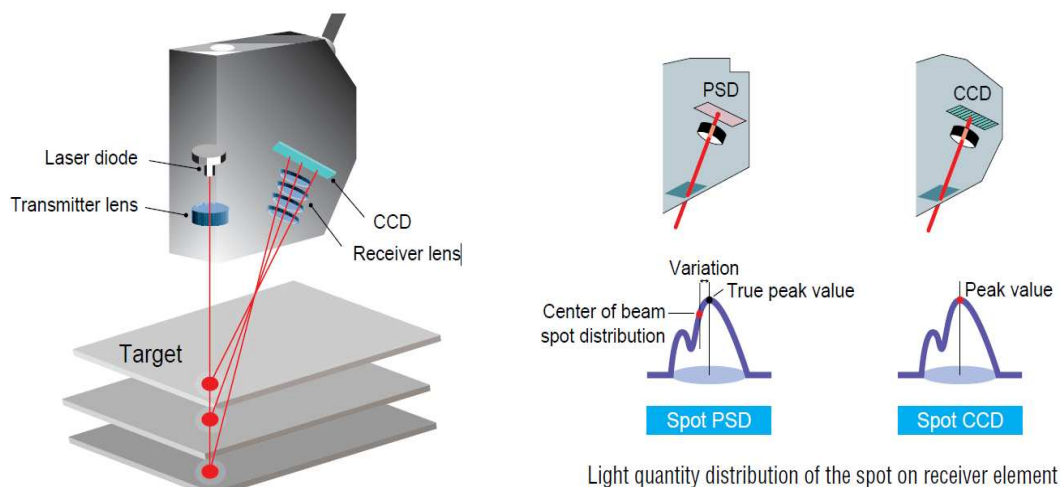
Es importante saber que las siglas CCD significan “Charge Coupled Device”, es decir, Dispositivo de Cargas Acopladas. Consta de una superficie formada por células fotosensibles capaces de convertir la intensidad luminosa que reciben en una señal eléctrica. Cada célula está formada por una fotocélula y un condensador. La carga que adquiere el condensador dependerá de la cantidad de luz recibida por la fotocélula. Este dispositivo también es usado en cámaras y escáneres para obtener una representación digital de la imagen.

El principio de la medición de la serie LK producida por Keyence es el siguiente:

El sensor CCD de desplazamiento láser utiliza el sistema de medición de la triangulación. Algunos sensores de desplazamiento láser convencionales emplean una PSD (detector sensible a la posición) como el elemento conocido como “lightreceiving”. Sin embargo, la serie LK usa una CCD como el elemento que recibe la luz. La luz reflejada por un objeto pasa a través de la lente del receptor y se centra en el PSD o CCD.

El PSD usa la distribución de toda la cantidad de luz del haz que entra en el elemento de luz para determinar el centro puntual del haz y lo identifica como la posición. Sin embargo, la distribución de la cantidad de luz se ve afectada por el estado de la superficie del objeto, haciendo notables variaciones en los valores medidos.

El CCD detecta el valor de pico de la distribución de la cantidad de luz del haz de luz de cada píxel y lo identifica como la posición. Por tanto, el CCD permite la medición estable del desplazamiento con una alta precisión, independientemente de la distribución de la cantidad de luz del haz de luz.



*Principios de funcionamiento de los dispositivos PSD y CCD.*

Posteriormente se van a concretar algunas de las características avanzadas para dar solución a los problemas que tienen una difícil aplicación. También se mencionarán las ventajas y algunas de las aplicaciones de las características siguientes:

➤ Superficie lustrosa.

Utilizando el CCD como elemento de recepción de luz, la serie LK permite la medición de alta precisión, y no se ve afectada por la reflexión esparcida por el objeto a medir.

Aplicaciones en las empresas de:

- Automóvil: Motor de carrera de válvula.
- Componentes electrónicos: Comprobación de la alineación de pines QFP.
- Alimentación/ Embalaje: Medición de paquetes de capas de PTP.
- Metal/ Maquinaria: Medición del espesor de una lámina de cobre.

- Moldeado: Profundidad de la anchura de una ranura, donde la medición no se ve afectada por la luz reflejada por el agente de desmoldeo.

### ➤ Superficie multicolor

La función LFTC permite el ajuste variable de la cantidad de luz emitida hasta 150 veces, lo que impide un error de medición debido a la diferencia de color.

Aplicaciones en empresas de:

- Automóvil: Medición del espesor del recubrimiento o revestimiento. Incluso los objetos húmedos se pueden medir.
- Componentes electrónicos: Medición de la altura de la pasta de soldar PCB (Printed Circuit Board) o tarjeta de circuito impreso.
- Alimentación/ Embalaje: Comprobación del abombado de una tapa de aluminio.
- Metal/ Maquinaria: Presencia o ausencia de anillos (e-ring).
- Moldeado: Medición del espesor de una lámina extruida. Medición de la hoja de varios colores.

### ➤ Bajo superficies reflectantes

La función de ganancia automática ajusta automáticamente el factor de amplificación de la señal del “lightreceiving”, lo que permite una medición estable, incluso con objetos de baja reflexión como el caucho negro.

Aplicaciones en las siguientes empresas:

- Automóvil: Medición del descentrado de la correa del ventilador. La medición no se ve afectada por la impresión que contiene la correa de goma
- Componentes electrónicos: Orientación de la comprobación de los circuitos integrados.
- Alimentación/ Embalajes: Medición del espesor de los tallarines de pasta.
- Metal/ Maquinaria: Medición de espesores de ferrita.
- Moldeado: Medición de la forma de rodadura del neumático. No se ve afectado por la luz difusa.

### ➤ Superficie áspera

Debido al punto de haz pequeño ( $\varnothing 30 \mu\text{m}$ ) y la poca variación de la forma en la señal de onda que recibe la luz, la medición no estará afectada por una grieta en la superficie del objeto.

Aplicaciones en las citadas empresas:

- Automóvil: Medición de la anchura de un bloque motor.
- Componentes electrónicos: Medición de la profundidad de las ranuras de un motor de colectores.
- Alimentación/ Embalaje: Medición de la forma de las galletas.
- Metal/ Maquinaria: Control de la antorcha para la máquina de rayo láser. No se ve afectada por fisuras en la superficie del objeto.
- Moldeado: Medición de los hoyos de una pelota de golf.

### ➤ No contacto con la superficie

La serie LK permite sin contacto físico la medición de la forma y de los espesores de objetos fáciles, delgados o calientes, que no se pueden medir con los sensores de contacto.

Para ciertas empresas se tienen las siguientes aplicaciones:

- Automóvil: Diferencia de altura de una aleta del radiador. La forma del objeto no es dañada.
- Componentes electrónicos: Medición del espesor de un chip LED. La medición de espesores se basa en la diferencia de altura, a pesar de las arrugas de la lámina.
- Alimentación/ Embalajes: Medición de la altura de un cartón corrugado.
- Metal/ Maquinaria: Medición de la deformación de una fundición de aluminio caliente. Los sensores de contacto no pueden medir un material tan caliente.
- Moldeado: Medición del espesor de un limpiaparabrisas. Los sensores de contacto no son adecuados para medir un material tan blando.

Introduciéndose ya en el tipo de sensor utilizado en el nuevo proyecto, es decir, en la serie LK-2500 fabricada por la marca Keyence, se definirán este tipo de sensores. Esta serie consiste en un conjunto de detectores de medida láser CCD de muy largo alcance.

La LK-2500 Series es el primer sensor láser de desplazamiento en tener tanto un gran rango de medida de longitud y una alta precisión. Con la innovadora técnica de detección de Keyence, la serie LK-2500 es muy superior en la medición de distancia y en la precisión. El rango de medida de longitud alcanza hasta los 750 mm y la precisión en la medida lograda por el detector es de centésimas de milímetro (0.01 mm).

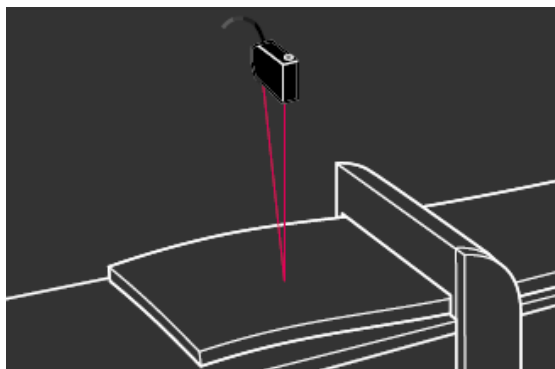
### 7.1.1 Fundamentos principales y posibles aplicaciones.

Los principales fundamentos presentados por la serie LK-2500 son:

- Alcance ultra-largo: Máximo inmejorable de 750 mm. En el modo de largo alcance, el rango de medición de 500 mm  $\pm$  250 mm proporciona la capacidad para casi cualquier aplicación.
- De alta precisión: Los sistemas CCD y LFTC ofrecen una alta precisión. El modo de alta precisión proporciona una resolución de 10 micras (10  $\mu$ m) con un alcance máximo de 450 mm.
- Campo orientado: Excelente resistencia ambiental conforme a la IP-67. El sensor puede ser usado al aire libre, así como en fábricas en las que el ambiente es polvoriento o cuando el sensor puede ser salpicado por el agua.

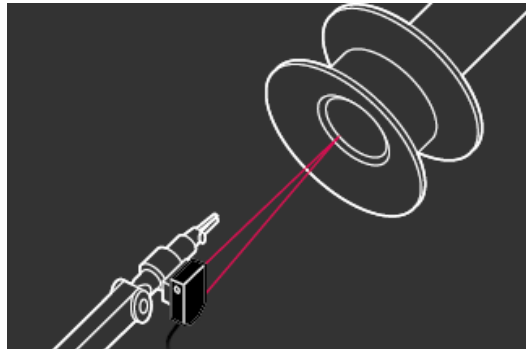
Algunas de las posibles aplicaciones de esta serie de sensores de medida definidas en el catálogo presentado por el fabricante son las siguientes:

- Medición de la deformación o el zigzagueado de un producto sometido a un proceso de extrusión o laminación.

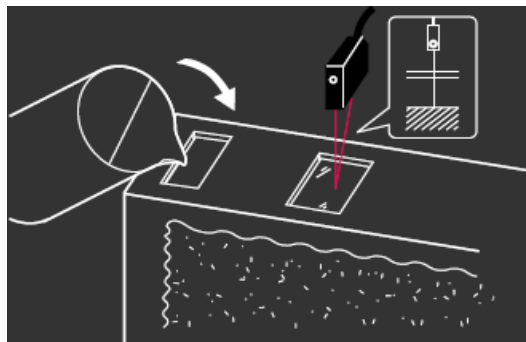




- Control de la posición de un robot en un proceso de montaje o de pintura.



- Medición del nivel de aluminio fundido dentro de un molde.



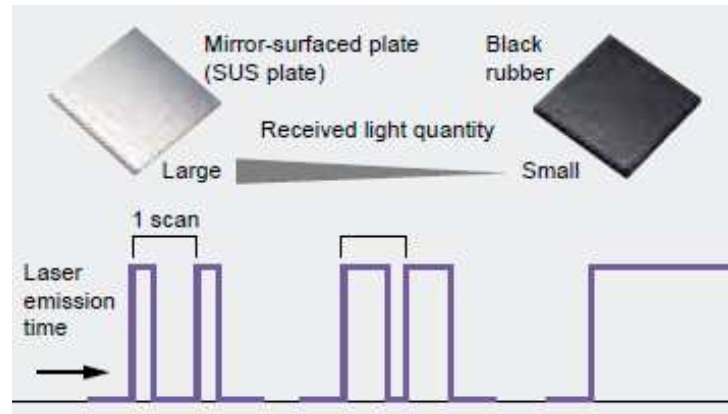
### 7.1.2 Características y funciones diseñadas para un entorno real de fábrica.

Posteriormente se van a detallar algunas de las características y funciones diseñadas para el entorno real de una fábrica.

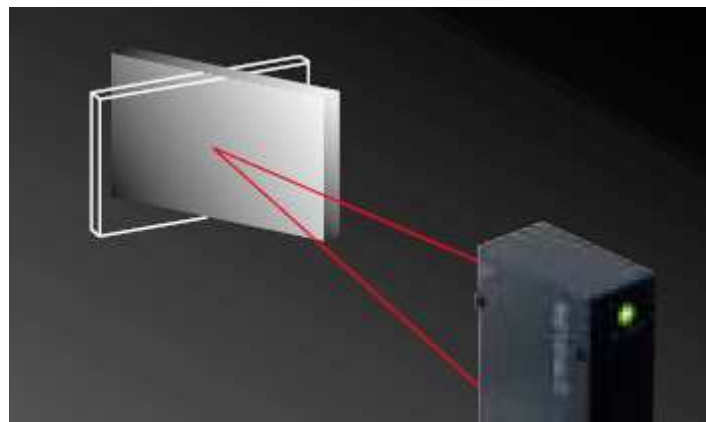
- Medición fiable de puntos diminutos. El punto del objetivo se mide con precisión debido al pequeño diámetro (0.3 mm) visible del rayo láser.



- Medición estable independientemente del tipo de material y las condiciones de la superficie. El circuito LFTC controla automáticamente el tiempo de emisión láser de acuerdo con el estado de la superficie objetivo.



- Excelentes características de ángulo. La medición es estable incluso cuando el objetivo está inclinado o contiene una forma irregular.

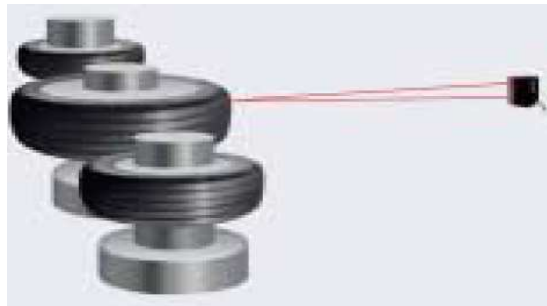


- Resistencia al medio ambiente conforme a la IP-67. El sensor está diseñado para evitar un mal funcionamiento debido al polvo o al ser rociado por agua.

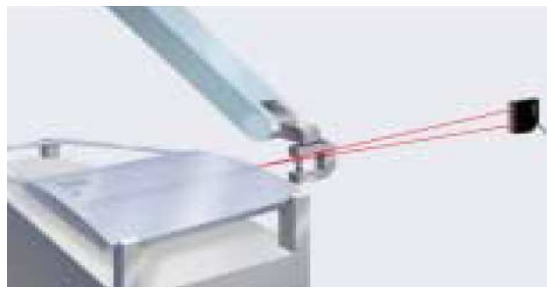
## 7.1.3 Aplicaciones

La serie LK-2500 utiliza su larga distancia de medición para resolver fundamentalmente las siguientes aplicaciones:

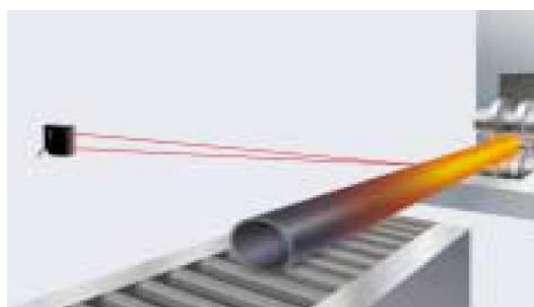
- No hay necesidad de alteraciones adicionales en los cambios del producto. No es necesario modificar los ajustes en los cambios en una línea de producción multi-ítem (o multi-producto) cuando es utilizado otro dispositivo de inspección.



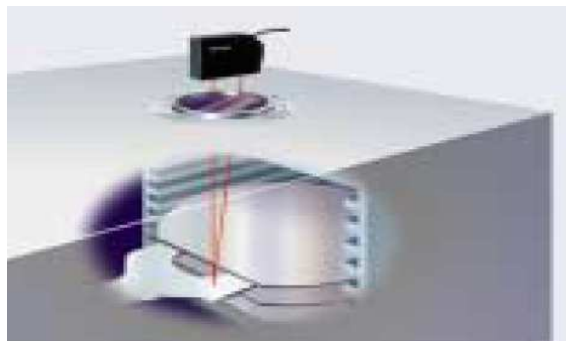
- Procedimiento de la medición a una distancia segura de un objeto en movimiento. La distancia de medición larga permite una medición segura, incluso cuando existe un objeto en movimiento entre el objetivo y la cabeza del sensor.



- Medición de objetos a alta temperatura. La medición de distancias de hasta 750 mm permite medir ciertos objetivos que se encuentra a alta temperatura.



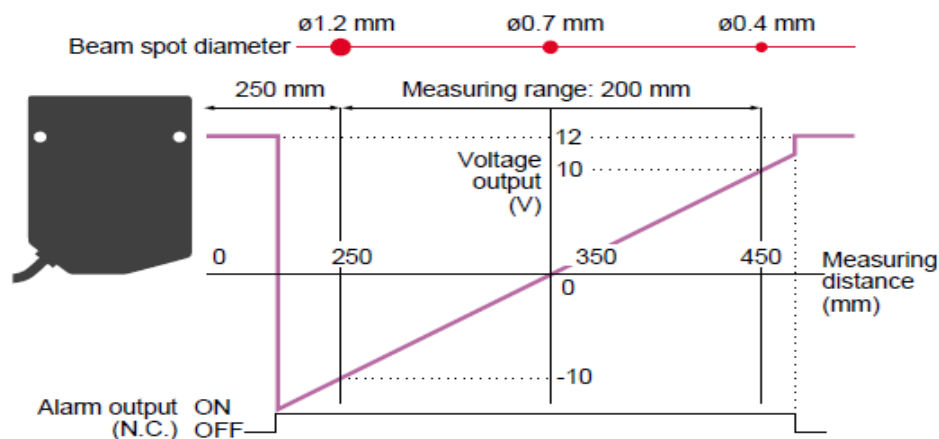
- Detección estable a través de una placa de vidrio. Aun cuando el objetivo esta sellado al vacío dentro de un equipo, puede ser detectado a través de una ventana de vidrio.



Por tanto, en este tipo de sensores pueden ser seleccionados dos formas de funcionamiento, las cuales son el modo de larga distancia y el modo de alta precisión. En función del tipo de modo seleccionado se tienen diferentes características en el funcionamiento. Así, con el modo de larga distancia se consigue un rango de medida de 500 mm de largo; y con el modo de alta precisión se alcanza una precisión de 10  $\mu\text{m}$ .

Los diferentes modos tienen comportamientos diferentes, los cuales pueden observarse en las siguientes gráficas. En ellas se muestra para ambos modos: el diámetro del punto del rayo láser para las diferentes medidas, el rango de medida y la señal eléctrica que transforma el detector para cada medida captada.

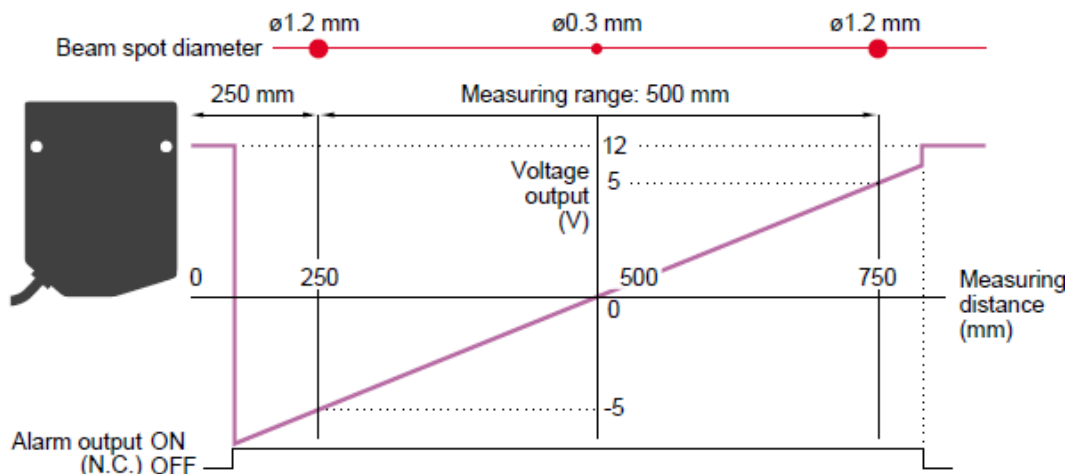
## High-precision mode



*Funcionamiento del modo alta precisión.*

*Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.*

## Long-range mode



Funcionamiento del modo de larga distancia.

El modo empleado en el detector de medida láser del proyecto descrito es el modo de larga distancia, ya que ante las diferencias notables en los diámetros de los tubos fabricados en la empresa Schmidt-Clemens es preferible ampliar en rango de medida en detrimento de la precisión obtenida. Cabe mencionar que en el modo de larga distancia, la precisión alcanzada es más que suficiente para nuestro objetivo de enderezado (0.1 mm de precisión).

## Specifications



Type	Ultra-long range	
Model	Sensor head	LK-501/503
Controller	LK-2501/2503	
Measurement mode	Long-range mode	
Reference distance	500 mm	
Measuring range	$\pm 250$ mm	
Light source	Visible red semiconductor laser, wavelength: 690 nm	
Maximum output	0.95 mW [LK-503], 15 mW [LK-501]	
Pulsed radiation	3 to 994 $\mu$ s	
Class	IEC 825-1 11.1993	Class 3B [LK-501/2501] Class 2 [LK-503/2503]
FDA	Class IIIb [LK-501/2501] Class II [LK-503/2503]	
DIN EN60825-1 07. 1994	Klasse 3B [LK-501/2501] Klasse 2 [LK-503/2503]	
Spot diameter	Approx. 0.3 mm dia. (at reference distance) Approx. 0.7 mm dia. (at reference distance)	
Linearity	$\pm 0.1\%$ of F.S. <sup>1</sup>	
Resolution	50 $\mu$ m <sup>2</sup> 10 $\mu$ m <sup>2</sup>	
Analog output	Voltage	$\pm 5$ V (50 $\mu$ m/mV)
Impedance	100 $\Omega$	
Current	4 to 20 mA (350 $\Omega$ max.) <sup>3,4</sup>	
Alarm output	NPN open-collector 100 mA (40 V) max. (N.C.) Residual voltage 1 V max. <sup>3</sup>	
Sampling cycle	1024 $\mu$ s	
Other functions	AUTO ZERO, Alarm hold, GAIN selection, Response speed selection, Span/Shift adjustment	
Power supply	24 VDC $\pm 10\%$ Ripple (p-p): 10 % max.	
Current consumption	400 mA max.	
Temperature fluctuation	Sensor head	0.02% of F.S./ $^{\circ}$ C
Controller	0.01% of F.S./ $^{\circ}$ C	
Enclosure rating	IP-67	
Ambient light	Incandescent or fluorescent lamp: 10,000 lux max. <sup>5</sup>	
Ambient temperature	Sensor head: 0 to 50 $^{\circ}$ C (32 to 122 $^{\circ}$ F), Controller: 0 to 50 $^{\circ}$ C (32 to 122 $^{\circ}$ F), No freezing	
Relative humidity	35 to 85%, No condensation	
Vibration	10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude in X, Y, and Z directions, 2 hours respectively	
Material	Sensor head: Aluminum die-cast, Controller: Polycarbonate	
Weight (including cable)	Sensor head	Approx. 700 g
Controller	Approx. 515 g	

Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.

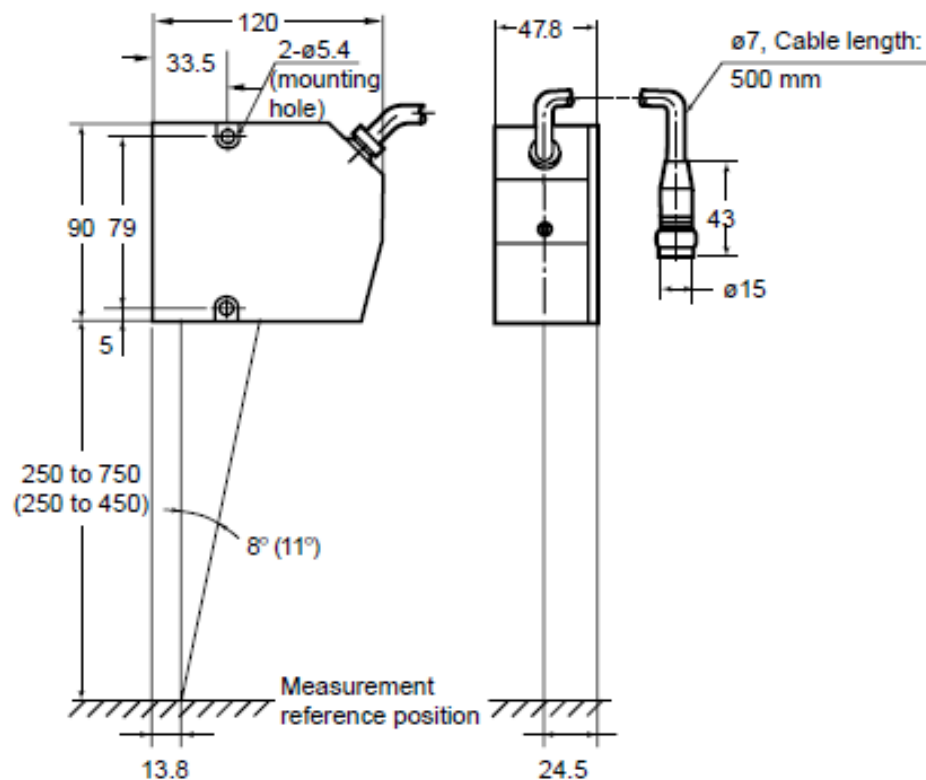
En la tabla anterior se han mostrado las especificaciones de cada uno de los modos desarrollados por el detector láser. Las principales diferencias entre ambos son el rango de medidas y las salidas analógicas. Como se puede observar y es lógico, el rango del voltaje es mayor ( $\pm 10$  V) en el modo de alta precisión que en el modo de larga distancia ( $\pm 5$  V) con el fin de conseguir una mayor precisión en la medida.

## 7.1.4 Dimensiones

En este apartado se van a representar las dimensiones de la cabeza sensorial y del controlador utilizados en el nuevo proyecto.

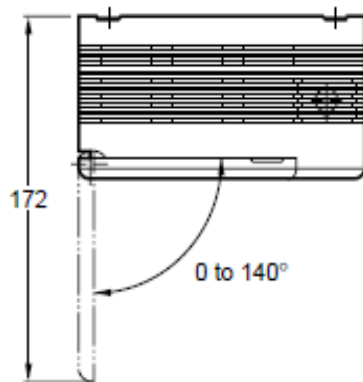
- Cabeza sensorial LK-501.

### Sensor head LK-501/503



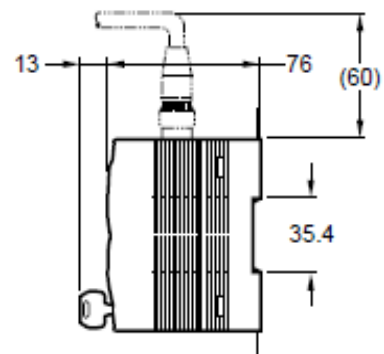
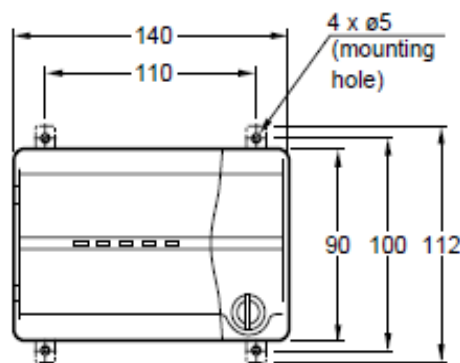
- Controlador LK-2501.

## Controller LK-2501/2503



## Extension cable

Cable length (m)	Model
2	LK-C2
5	LK-C5
10	LK-C10



## 7.2 Láser de medición de diámetros: LAP METIS.

Para comprobar que la medida de los diámetros está dentro de la tolerancia permitida por el fabricante, se ha decidido emplear sensores “Metis” fabricados por la marca LAP. Ésta se dedica especialmente a la medición por láser sin contacto, siendo una de las empresas líderes en la utilización de nueva tecnología.

Los sensores METIS funcionan según el principio de exploración láser o de “sombreado”. Un sensor está formado por un emisor y un receptor, entre los que se encuentra el campo de medición. Gracias a ello, puede medirse el “ancho de sombreado” y/o espacio entre objetos, por lo que se pueden medir más de un objeto a la vez.



El principio de exploración láser o “sombreado” puede observarse claramente en esta imagen. En ella, puede divisarse a la izquierda el emisor, a la derecha el receptor, y entre ellos el barrido láser. En este caso concreto, se están midiendo más de un objeto a la vez.



*Principio de exploración láser o “sombreado”*

Los sensores individuales miden, por ejemplo, un diámetro o una posición; no obstante, en función de la combinación y la posición pueden medirse la ovalidad, espesor, anchura, altura, longitud o alineación.

La unidad de evaluación opcional DCU ofrece junto con los indicadores de valores de medición tanto salidas digitales como analógicas, salidas de control (valor límite superior / inferior, medición errónea) y funciones de cálculo interno en disposiciones multiaxiales.

El METIS puede utilizarse conectado con la interfaz RS485, o con otros sensores, módulos I/O, codificadores, etc. Las opciones de conexión se completan con interfaces para Ethernet UDP, Profibus y RS232. Con esta opción de tratamiento digital del sensor para el software de evaluación se evitan todas las fuentes de error de una medición analógica.

Las características principales y datos técnicos del tipo de láser LAP METIS son:

- Medición de diámetros desde 0.2 mm hasta los 2000 mm.
- Filtro interno para parámetros ajustables.
- Detección y medida de múltiples objetos.
- Resolución a partir de 5.4 nm.
- Inseguridad de medición o repetibilidad a partir de  $\pm 2\mu\text{m}$

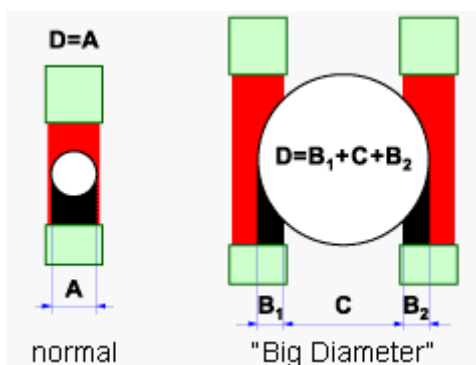
- Medición hasta a una frecuencia superior a 1600 Hz.

Los diferentes modelos existentes en esta clase de sensores de medida fabricada por LAP, junto con sus principales propiedades son mostrados en la siguiente tabla:

Modelo	Área de medición mm	Resolución nm	Inseguridad de la medición* $\mu\text{m}$	Linealidad $\mu\text{m}$	Peso kg	Medidas en mm (E)misor (R)receptor
METIS 45	0,2 - 45	5,4	$\pm 2$	$\pm 8$	1,5	(E) 150 $\times$ 75 $\times$ 60 (R) 150 $\times$ 75 $\times$ 60
METIS 90	0,5 - 90	10,8	$\pm 3$	$\pm 15$	2,6	(E) 182 $\times$ 114 $\times$ 61 (R) 182 $\times$ 114 $\times$ 61
METIS 120	1 - 120	14,4	$\pm 4$	$\pm 20$	5,3	(E) 250 $\times$ 164 $\times$ 62 (R) 250 $\times$ 164 $\times$ 62
METIS 150	1 - 150	18	$\pm 6$	$\pm 25$	8,9	(E) 318 $\times$ 180 $\times$ 85 (R) 288 $\times$ 180 $\times$ 85
METIS 180	1 - 180	22	$\pm 8$	$\pm 30$	11,5	(E) 350 $\times$ 220 $\times$ 85 (R) 210 $\times$ 220 $\times$ 85

\* Condiciones de medición: 20°C, dentro del campo de medición específico, tiempo de integración 1sg

La empresa SCHMIDT-CLEMENS fabrica tubos con un diámetro superior a 180 mm, por lo que, para el citado proyecto no sería adecuado ninguno de los láseres definidos con anterioridad. Sin embargo, para tubos con gran diámetro se utiliza la configuración “Big Diameter” representada en la imagen posterior.



De esta manera, con el empleo de dos láseres METIS se puede medir cualquier diámetro. Para nuestro proyecto, se utilizarán dos láseres METIS 150 separados entre sí una distancia fija de 30 mm. De esta manera se conseguirán medir la totalidad de los tubos fabricados por la empresa objeto de estudio.

### 7.3 Marcado automático: Sistema Spray REA JET BLOCK-7.

En esta sección se va a comentar la parte referente al marcado de los tubos, otra de las acciones que se pretenden realizar de forma automática. Para llevar a cabo esta labor se ha puesto en contacto con la empresa Igorle. Las razones para elegir esta empresa han sido sus 30 años de experiencia en el sector marcaje y codificación, además de las favorables experiencias previas que han existido entre ambas empresas.

La empresa Igorle posee clientes y una extraordinaria experiencia en algunos de los sectores como: el agroalimentario, la automoción, de bebidas, de la construcción, de la madera, del packaging, el químico o el siderúrgico.

#### 7.3.1 Objetivos.

Como el objetivo principal del proyecto es adaptar y automatizar un puesto de enderezado, la operación del marcado de tubos es otro de los temas a mejorar. En la actualidad, la tarea de marcar los tubos se realiza de forma completamente manual con la ayuda de unas plantillas y un rodillo. Todos los tubos son marcados con la marca de fabricante, en nuestro caso S+C y una serie de números. Esta serie de números varía de unos pedidos a otros en función del cliente, sin embargo, normalmente la mayoría de los tubos son marcados como mínimo con el número del pedido, en número de la posición y la calidad. Algún cliente exige que en los tubos se pinte el número de colada del material.

Como el trabajo realizado en esta tarea es muy primitivo y puede dar lugar al error humano, uno de los objetivos de este nuevo proyecto es automatizar el marcado de tubos para conseguir una operación más veloz y sin errores.

#### 7.3.2 Alternativas estudiadas.

Las principales alternativas estudiadas para la resolución de este problema de automatización del marcado de tubos han sido estos tres sistemas: EBS-250C, REA JET SERIE y REA JET BLOCK-7; las cuales vamos a describir a grandes rasgos en los siguientes apartados.

##### 7.3.2.1. EBS-250C

Esta máquina ha sido creada para poder marcar o codificar, con caracteres grandes, en cualquier lugar y en cualquier momento. Es un auténtico equipo portátil.

Las propiedades principales que posee este sistema EBS-250C son que:

- Es fácil de usar: la impresión se adapta, a la velocidad de uso del operario, gracias a su codificador.
- Es ultra compacta y ligera: con la batería y el depósito de tinta lleno, pesa aproximadamente 980 gramos.
- Tiene gran fiabilidad: Su diseño (IP65) le permite trabajar en ambientes extremos de polvo, humedad, temperaturas extremas, materiales agresivos y vibraciones con total fiabilidad.
- Es económica: Para usuarios que exigen bajos costos y operaciones rentables.
- Presenta una máxima trazabilidad: Capaz de imprimir sobre embalajes de madera, bandejas, tableros, sacos, pallets, bidones, tubos, piezas de hormigón, postes, letreros, estanterías, contenedores, etc.
- Posee gran flexibilidad: Permite crear mensajes fácilmente a través de su software, bajo el familiar entorno de Windows XP.





Por último, se van a mostrar las características de funcionamiento y especificaciones técnicas en la tabla inferior:

ÁREA DE IMPRESIÓN		EBS-250C
Altura de caracteres		Hasta 27 mm.
Matriz de escritura		7 x 5 / 12 x 7 / 16 x 10
Altura de los objetos para marcar		Desde 35 mm.
FACILIDADES DE IMPRESIÓN		
Nº máx. caracteres por mensaje		1500
Nº mensajes		Hasta 10. (Los textos se cargan a través de PC.)
Contadores		Creciente, decreciente, de poles, metros, etc.
Fechas y horas		Presentadas en cualquier formato, calendario variable.
Logotipos y gráficos		Programables según requerimiento.
Caracteres especiales		Diacrítico nacional, símbolos información, transporte y advertencia.
Impresión sincronizada con encoder		Independiente del movimiento irregular del operario.
Señal comienzo de impresión		Si.
COMUNICACIÓN		
Bluetooth		Hasta 100 ms.
DEPOSITO DE TINTA		
Tintas		Varios colores y tipos de tinta.
Capacidad		110 ml.
Consumo		Hasta 106.000 caracteres matriz 7x5 / 18.000 caracteres matriz 16x10.
Presión de trabajo		0,3 a 0,4 bar.
OPCIONES		
Memoria ampliable para mensajes		Hasta 30 mensajes de texto.
Cartuchera		De cintura.
Guías con ruedas		Para la impresión de varias líneas rectas o superficies curvas.
DIMENSIONES		
Equipo estándar		255 x 222 x 75 mm.
PESO (grs)		
Con acumulador y deposito lleno		980 grs (+/- 10grs.)
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura funcionamiento (C°)		De +1° a +45° base agua. Desde -5 a + 45° base ETHANOL
Humedad relativa		De 10 a 90 %
Estanqueidad		IP65
REQUISITOS ELÉCTRICOS		
Alimentación eléctrica		Batería Litio.
Autonomía aproximada batería		50 Horas con un ritmo ininterumpido de impresión a 20°C.
Recarga de las baterías		Mediante transformador externo de 24V/1ª.
Duración de la recarga		Menos de 150 min.
Igote se reserva el derecho de modificar los datos sin previo aviso. Datos válidos, salvo error tipográfico.		

Ref.: BPP\_EBS-250C-07/10

### 7.3.2.2. REA JET SERIE

El sistema REA JET SERIE consiste en una tecnología de electro válvulas que se utiliza para la impresión de grandes caracteres. Es el método más económico y robusto para la impresión de superficies porosas y no porosas. Se caracterizan por su cuidadoso diseño y construcción garantizando la máxima fiabilidad y manejo.

Los fundamentos principales de este tipo de sistema son los siguientes:

- Es fácil de usar: Es intuitiva, al disponer de teclas para operaciones simplificadas a través de su teclado con pantalla gráfica LCD en castellano.
- Es compacta y modular: Su fácil acceso a los componentes principales contribuye a crear un dispositivo de mantenimiento y reparación muy sencillos por parte del usuario.
- Es económica: Es la solución más económica y sencilla para la impresión de productos en ambientes de trabajo industriales.
- Tiene una trazabilidad máxima: Gracias a la capacidad de imprimir sobre embalajes grandes o pequeños, bandejas, tableros, sacos, pallets, bidones, tubos, bloques de cemento, contenedores, etc.
- Posee una gran flexibilidad: Su diseño patentado (IP65) le permite trabajar en ambientes extremos de polvo, humedad, temperaturas extremas, materiales agresivos y vibraciones con total fiabilidad.



*Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.*

En la siguiente tabla serán mostradas las características de funcionamiento y especificaciones técnicas del sistema REA JET SERIE:

	REAJET LC	REAJET SERIE	REAJET LK32
<b>ÁREA DE IMPRESIÓN</b>			
Altura de caracteres	De 5 a 67 mm.	De 5 a 67 mm.	De 5 a 140 mm.
Matriz de escritura	Hasta 16 x 10	Hasta 16 x 10	Hasta 32 x 20
Distancia a superficie de impresión	De 1 a 10 mm.	De 1 a 10 mm.	De 1 a 10 mm.
<b>VELOCIDAD DE IMPRESIÓN</b>			
Para matriz de 7x5	140 caracteres/seg.	140 caracteres/seg.	140 caracteres/seg.
Para matriz de 16x10	80 caracteres/seg.	80 caracteres/seg.	80 caracteres/seg.
Para matriz de 32x20	-	-	40 caracteres/seg.
<b>OPCIONES DE LOS CABEZALES</b>			
Nº cabezales de 7 puntos	2	4	-
Nº cabezales de 16 puntos	1	2	-
Nº cabezales de 32 puntos	-	-	1
Capacidad de tinta	De 1 y 5 lts.	De 1 y 5 lts.	De 1 y 5 lts.
<b>FACILIDADES DE IMPRESIÓN</b>			
Textos	100	100	100
Contadores	5 dígitos	5 dígitos	5 dígitos
Fechas	Calendario variable	Calendario variable	Calendario variable
Códigos de barra	Código39 y 2/5 I	Código39 y 2/5 I	Código39 y 2/5 I
Logotipos y gráficos	Programables	Programables	Programables
Conexión a bases de datos	No	Si	Si
<b>CONEXIONES</b>			
Puerto serie RS-232	No	Si	Si
Conexión Ethernet	No	No	No
Conexiones USB	No	No	No
Señal comienzo de impresión	Si	Si	Si
Entrada encoder	Si	Si	Si
<b>OPCIONES</b>			
Puerto serie RS-422	No	Si	Si
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
Cabezal de 7 puntos	Ø 60 x 100	Ø 60 x 100	-
Cabezal de 16 puntos	Ø 100 x 100	Ø 100 x 100	-
Cabezal de 32 puntos	-	-	180 x 105 x 75
Controlador	149 x 109 x 262	149 x 109 x 262	149 x 109 x 262
Terminal	-	255 x 165 x 50	255 x 165 x 50
<b>PESO (grs)</b>			
Cabezal de 7 puntos	500	500	-
Cabezal de 16 puntos	1100	1100	-
Cabezal de 32 puntos	-	-	2100
Controlador	4350	4350	4350
Terminal	-	1300	1300
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>			
Temperatura funcionamiento (Cº)	De -5º a +45º	De -5º a +45º	De -5º a +45º
Humedad relativa	Hasta 90 %	Hasta 90 %	Hasta 90 %
Estandariedad Cabezales	IP65	IP65	IP65
Estandariedad Controladores	IP54	IP65	IP54
<b>REQUISITOS ELÉCTRICOS</b>			
Alimentación eléctrica	230 V. 30 VA.	230 V. 30 VA.	230 V. 30 VA.
Frecuencia	50/60 Hz.	50/60 Hz.	50/60 Hz.

igote se reserva el derecho de modificar los datos sin previo aviso. Datos válidos, salvo error tipográfico.



### 7.3.2.3. REA JET ST

La tecnología REA JET ST es una impresora de bajo coste específica para hacer puntos o líneas de calidad. Esta ha sido diseñada para una amplia variedad de usos, como marcas de posiciones de montaje, errores de producto, puntos para soldadura, líneas de corte, etc. Sin embargo, estas impresoras pueden combinarse y unirse para dar lugar al marcaje de textos, ya que estas impresoras REA pueden ser configuradas para trabajar con PLC o bien con un teclado integrado.

Las propiedades principales de este tipo de procedimiento de marcaje son:

- Es fácil de usar: Esta tecnología, completamente distinta a sistemas como los aerógrafos, garantizan una alta disponibilidad y facilidad de empleo.
- Es ultra compacta y ligera: Han sido diseñadas para poder ser integradas con facilidad en cualquier máquina o línea de producción.
- Es económica: Tiene un bajo coste y su mantenimiento es prácticamente nulo.
- Tiene una importante trazabilidad: Permite aplicar con precisión un solo punto, varios puntos en línea o una línea continua sobre una gran variedad de superficies y en distintos colores. Incluso sobre productos en movimiento.
- Posee gran flexibilidad: El cabezal, por su pequeño tamaño permite cualquier posición de trabajo. Una amplia variedad de tintas pigmentadas, de secado rápido, invisibles, térmicas, etc.
- Atesora una enorme fiabilidad: Su robusta construcción le permite trabajar en ambientes industriales con polvo, humedad, vibraciones, temperaturas extremas o materiales agresivos.



Las características de funcionamiento y las especificaciones técnicas serán mostradas en la posterior tabla:

REAJET-ST SR-1	
<b>ÁREA DE IMPRESIÓN</b>	
Trazo de impresión	De 1 a 20 mm.
Altura de caracteres	Entre 40 y 200 mm. (Combinando varios cabezales)
Matriz de escritura	5x5 / 7x5 / 10x10 / 16x10 (Combinando varios cabezales)
Distancia a superficie de impresión	De 1 a 10 mm.
<b>VELOCIDAD DE IMPRESIÓN</b>	
Frecuencia de impresión	30 puntos/seg.
Para matiz de 7x5	50 m/min. (Combinando varios cabezales)
<b>OPCIONES DE LOS CABEZALES</b>	
Cabezal	De un solo inyector. Su diseño modular permite combinar varios cabezales.
Capacidad de tinta	De 1,5 y 4 Lts.
Tamaño del inyector	80µ, 130µ, 180µ, 270µ, 350µ
Tipos de inyectores	Con aguja
<b>FACILIDADES DE IMPRESIÓN</b>	
Puntos y líneas	Si
Textos	Si (Combinando varios cabezales)
Contadores	Si (Combinando varios cabezales)
Fechas	Si (Combinando varios cabezales)
Logotipos y gráficos	Programables según requerimiento (Combinando varios cabezales)
<b>OPCIONES</b>	
Deposito con agitador neumático	50-100 rpm.
<b>DIMENSIONES</b>	
Cabezal	130 x 58 x 21 mm.
<b>PESO</b>	
Cabezal	220 Gr.
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Temperatura funcionamiento (C°)	De -5° a +45°
Humedad relativa	Hasta 90 %
<b>REQUISITOS ELÉCTRICOS</b>	
Alimentación EV	24 Vcc.
<b>CONSUMOS</b>	
Consumo de aire	80 L/min.
Igorle se reserva el derecho de modificar los datos sin previo aviso. Datos válidos, salvo error tipográfico.	

Ref.: BPP\_REAJET-ST 01/08

En marcajes con geometrías más complicadas que simples puntos o líneas se dará la combinación de diferentes cabezales. Esta tecnología, denominada REA JET Spray Mark, traza líneas de marcado de alta calidad y precisión.

Del mismo modo, para las impresiones alfanuméricas de gran tamaño que sean claramente legibles desde una cierta distancia (tamaño de los puntos de hasta 30 mm), la empresa Igorle ofrece los sistemas REA JET Spray Mark Blocks, los cuales pueden contar desde 7 a 32 pistolas de marcaje.

### 7.3.3 Alternativa elegida: Sistema Spray REA JET BLOCK-7.

Finalmente, tras una reunión con los comerciales de la empresa Igorle, se expresaron los objetivos deseados con el fin de que se determinara cual de entre las tres posibles alternativas es el sistema más adecuado.

#### 7.3.3.1. Comparación y por qué.

En primer lugar, la alternativa mejor posicionada era el sistema REA JET SERIE, ya que se trataba de un sistema InkJet convencional automático de coste no muy elevado y que satisfacía los objetivos que se pretendían llevar a cabo. La alternativa EBS-250C era rechazada, ya que esta sencilla tecnología sigue siendo prácticamente manual, con lo que no se conseguiría el objetivo principal de automatizar el marcado de los tubos. Y la tecnología REA JET Spray Block fue estudiada como una posible alternativa si el sistema mejor situado no acababa siendo adecuado.

Uno de los posibles obstáculos que podían surgir con el sistema convencional REA JET SERIE era la tinta utilizada por la empresa Schmidt-Clemens para el marcaje de los tubos fabricados. Esta tinta, de la cual se exponen las hojas de datos en el anexo 4, contiene un alto porcentaje de alcohol de diacetona.

Tras numerosos ensayos con la muestra de tinta Rolmark enviada a la empresa Igorle, se elaboró un sistema de marcaje compatible con la tinta actual utilizada. No se trata de un sistema InkJet convencional, sino de un equipo “Spray Mark System”, que se compone de un cabezal de 7 pistolas con la tecnología de marcaje por spray.

#### 7.3.3.2. Características.

En primer lugar se van a definir los diferentes tipos de “REA JET Spray Mark System”, de los cuales se puede definir dos grandes grupos: “REA JET Spray Mark Heads”, que son sistemas de pistolas individuales y “REA JET Spray Mark Blocks”, que son sistemas combinados o bloque.

Se van a mostrar en las sucesivas tablas, las características fundamentales de cada uno de los grandes grupos descritos. Algunas de las características a presentar serán tales como: dimensiones de puntos o líneas capaces de elaborar, velocidad, dimensiones, peso, particularidades, etc.

Los sistemas “REA JET Spray Mark Heads” pueden aplicar puntos y líneas precisas sobre superficies porosas y no porosas. Es fácilmente alcanzable tiempos de ciclo extremadamente cortos de 20 ms y una velocidad de unos 100 m/min. El tamaño de los puntos puede ajustarse libremente mediante el control de la presión del material, el ajuste de la muesca en la cabeza de pulverización y el tamaño de la boquilla utilizada.

Se va a mostrar en la siguiente tabla las características que poseen los sistemas que únicamente cuenta con una pistola:

	EDS	SR-1	SRM-1	SR-5	SR-7
<b>Media</b>	Ink Flux	Paint Ink	Paint Ink Abrasive Media (e.g. adhesives)	Paint Ink	Paint Ink
<b>Dot</b>	0.2 - 2 mm	3 - 30 mm	3 - 30 mm	3 - 30 mm	3 - 20 mm
<b>Line</b>	0.2 - 2 mm	3 - 25 mm	3 - 25 mm	3 - 25 mm	3 - 20 mm
<b>Surface</b>	-	20 - 60 mm	20 - 60 mm	20 - 60 mm	-
<b>Nozzle size</b>	0.08 mm 0.12 mm 0.18 mm 0.27 mm 0.35 mm	0.3 mm 0.5 mm 0.8 mm 1.0 mm 1.2 mm 1.5 mm	0.3 mm 0.5 mm 0.8 mm 1.0 mm 1.2 mm 1.5 mm	0.3 mm 0.5 mm 0.8 mm 1.0 mm 1.2 mm 1.5 mm	0.3 mm 0.5 mm 0.8 mm 1.0 mm 1.2 mm 1.5 mm
<b>Dimensions</b>	30 x 30 x 75 mm	130 x 50 x 21 mm	130 x 50 x 21 mm	65 x 40 x 25 mm	37 x 20 x 20 mm
<b>Weight</b>	220 g	400 g	400 g	200 g	90 g
<b>Spray distance</b>	up to 10 mm	3 - 100 mm	3 - 100 mm	3 - 100 mm	3 - 60 mm
<b>Particular characteristics</b>	Electric and pneumatic version For very fine dots and lines	Pneumatic Internal control Nozzle and air control head flushing Integrated Circulation function	Pneumatic Internal control Nozzle and air control head flushing Integrated Circulation function Membrane seal, thus suitable for abrasive media	Pneumatic Spray air control via additional valve Nozzle and air control head flushing Circulation function* Compact design	Pneumatic Spray air control via additional valve Very compact design for minimal space requirements Integrated Circulation function

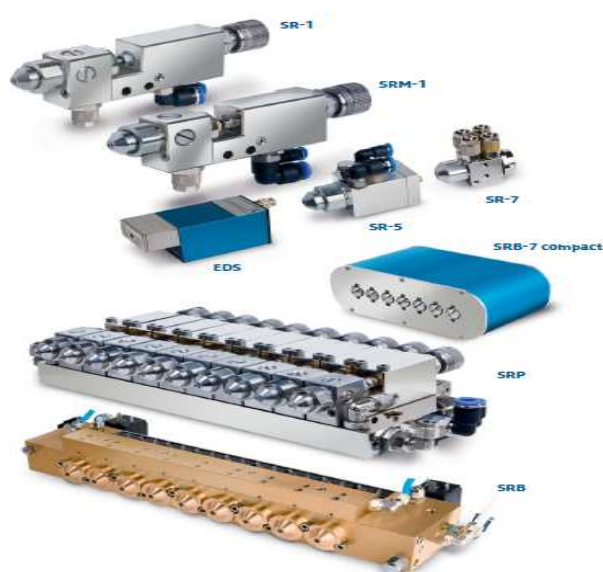
Los sistemas “REA JET Spray Mark Blocks” se utilizan siempre que es necesario que la marca del producto deba ser claramente visible desde cierta distancia. Se puede imprimir información alfanumérica, tales como descripciones de materiales, números de lote y logos, con una altura de impresión de 700 mm. En la industria del aluminio y del acero, el uso de pinturas resistentes al calor es un requisito importante que hace adecuada este tipo de tecnología moderna para los sistemas de pulverización.

De hecho, el tipo de tinta utilizada en el proyecto es el factor que ha hecho declinar hacia este tipo de tecnología.

Posteriormente, en esta segunda tabla se exhiben las características de los sistemas bloque, es decir, aquellos que han sido formados por la combinación de varias pistolas.

Nozzles	SRP-					SRB-		SRB-7 compact
	7	9	10	16	32	7	9	
Printing height (in mm)	25-130	30-180	40-200	60-350	120-700	40-190	50-240	25-130
Media	Paint, ink, abrasive media Heat resistant (up to 600 °C)					Paint, ink, abrasive media Heat resistant (up to 600 °C) Hot mark paints (up to 1000 °C)		Paint, ink, abrasive media Heat resistant (up to 600 °C)
Speed	Up to 50 m/min					Up to 80 m/min		Up to 80 m/min
Dimensions	SRP-7: 200 x 130 x 82 mm SRP-9: 220 x 130 x 82 mm SRP-10: 260 x 130 x 82 mm SRP-16: 420 x 130 x 82 mm SRP-32: 750 x 130 x 82 mm					SRB-7: 375 x 160 x 78 mm SRB-9: 435 x 160 x 78 mm		180 x 73 x 104 mm
Weight	SRP-7: 8 kg					SRB-7: 9 kg		3 kg
Particular characteristics	Electro-pneumatic control via 3/2-way valve Nozzle and air control head					Electromagnetic direct control Nozzle and air control head External flushing of air control head Separation of materials area from the controls		Electromagnetic direct control Nozzle and air control head External flushing of air control head is possible

Todos los productos definidos en las tablas anteriores son los representados en el catálogo inferior. El producto utilizado en nuestro proyecto es el denominado SRP-7. Por tanto, este consta de 7 pistolas combinadas entre sí, y las características ofrecidas en la tabla anterior.



*Catálogo de componentes individuales.*

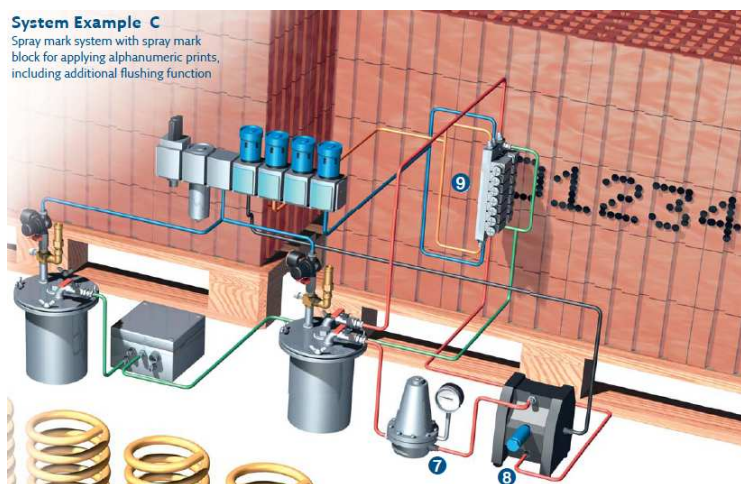


### 7.3.3.3. Aplicaciones.

Estos sistemas con tecnología basada en spray tienen varias aplicaciones en diferentes tipos de industria. Por ejemplo, este tipo de sistemas son utilizados en productos que deben ocupar cierta posición, en productos que son clasificados por colores, etc.

Así bien, muchas marcas codificadas por colores juegan un papel clave en muchas industrias técnicas. Como en el caso de aplicaciones industriales en las que marcas de colores codificados proporcionan información sobre la calidad y condición de los productos, así como la información que regula los procesos y procedimientos adecuados.

Este sistema es igualmente aplicable a todos los materiales en los cuales se desean realizar impresiones alfanuméricas de gran tamaño que sean claramente legibles desde una cierta distancia (tamaño de los puntos de hasta 30 mm).



Algunos ejemplos típicos de esta tecnología de marcado por spray son:

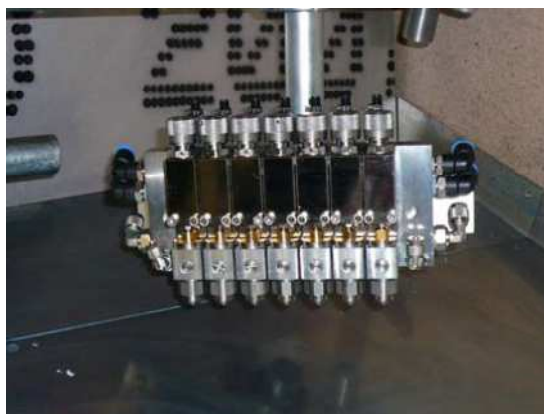
- El marcado de productos defectuosos con punto marcado en rojo.
- Para el marcado del número de lote o de pedidos en cualquier tipo de material con superficies porosas o no.
- Línea de color de marcado para tuberías, perfiles y un sinfín de productos.
- Puntos multicolores y marca de diferenciación de los diferentes tipos de productos.
- Para el marcado de la costura soldada en la fabricación de perfiles de metal.
- Ubicación y marcas de posición como “doblar aquí” o “corte aquí”.

### 7.3.3.4. Componentes.

Tras el estudio realizado por la empresa Igorle, su propuesta es implantar un sistema consistente en los siguientes componentes:

➤ REA JET Cabezal Spray Block neumático SRP-7

Este consiste en 7 pistolas de SRM-1. Versión de diafragma, con un tipo de pistola de marcaje bien provista. La boquilla posee un diámetro de 0.5 m. El frontal del cuerpo ha sido fabricado en latón niquelado, y el cuerpo de la pistola en aluminio niquelado. La boquilla y la aguja son de acero inoxidable. La longitud aproximadamente es de 200 mm. La pistola lanza a una distancia a partir de 22 mm. Cuenta con 7 válvulas magnéticas de rápida actuación de 24 voltios en corriente continua y 16 W.



➤ REA JET Sistema automático de limpieza SPP/B 01.

Se encarga de limpiar el sistema automáticamente para un largo y correcto funcionamiento. Cuenta con 5 metros de cable de conexión para el control a través de SPS o control externo.



➤ REA JET Armario de control neumático SRP-7

El siguiente componente controla el bloque de marcado SRB-7, el lavado del sistema, la bomba de circulación de doble membrana, el aire a presión del agitador, el lavado a través de aire del bloque, la conexión con los tanques a presión de la tinta y disolvente.

Este controlador cuenta con una válvula de bola para conseguir una rápida depresión y con solenoides de 24 V a corriente continua para el control de la segunda membrana de la bomba y la presión del agitador manual para el lavado y la función de prueba del marcaje. Las dimensiones de este armario son de 600×600×210 mm.



➤ REA JET Bomba de doble membrana M 12 E

La carcasa está fabricada en acero inoxidable y la membrana en teflón. Tiene regulador de aire y una llave de paso que permite una ventilación rápida. Esta bomba está montada sobre el soporte del depósito de pintura para poder succionarla.

➤ REA JET Control de reflujo de baja presión para el sistema de circulación.

Este componente ha sido construido en acero inoxidable. El rango de control es 0.3-10 bares. El control del regulador se realizará de forma neumática con un manómetro de 0 a 12 bares.



➤ REA JET Armario circuito tinta/disolvente SRP-7

Las dimensiones del armario son 1200×600×2000 mm; y todo el está fabricado en acero recubierto.

Dentro de él se construirá los siguientes elementos:

- La bomba de membrana.
- El depósito a presión MDB 45 para la tinta con el sensor de nivel.
- El depósito a presión LDB 20 para el disolvente con su sensor de nivel.
- Un regulador de presión para la circulación.
- El filtro G 3/8.
- Un sistema de elevación manual para el depósito MDB 45.
- Todas las conexiones neumáticas y eléctricas.



➤ REA JET Depósito a presión del tipo MDB 45 para la tinta.

La capacidad aproximada es de 45 litros. Está construida con una pared simple en acero galvanizado. Su máxima presión y temperatura de trabajo son 4 bares y 50 °C. Además, cuenta con un agitador de aire comprimido, válvula de retorno, conectores de elevación, etc.

- REA JET Depósito a presión de tipo LDB 20 para el disolvente.

La capacidad aproximada es de 20 litros. Está fabricado con una pared simple de acero inoxidable. Su máxima presión y temperatura de trabajo son de 6 bares y 50 °C. No cuenta con agitador de aire comprimido pero si con válvula de retorno.



- REA JET Control de nivel de llenado

Este componente consiste en un sensor, una variante de la zona EX y un dispositivo de salida con una señal de alarma por cada nivel de llenado. La longitud de la varilla es de 400 mm.

- REA JET Conjunto de mangueras de conexión.

Las mangueras de conexión consisten en:

- 20 m de manguera de material REA NW 8 (teflón, con capas de tejido y cable).
- 20 m de manguera de material REA NW 6 (teflón, con capas de tejido y cable).
- 20 m de manguera de aire NO REA 9 (conductor eléctrico, tejido en capas y cable).
- 20 m de manguera de aire NO REA 8 (tejido en capas y cable, para atomizar el aire).
- 20 m de manguera de aire NO REA 6 (tejido en capas y cable, para el control del aire).
- 20 m de tubo de montaje REA de 25 mm.

➤ REA JET Filtro de pintura G 3/8

Este es un elemento con un filtrado de 100 µm fabricado en acero inoxidable, es fácil de limpiar y está montado en la pared del depósito de pintura.



➤ REA JET Conjunto de abrazaderas/racores.

Este conjunto consiste en varios accesorios utilizados en la manguera o para la conexión de las pinturas y la tubería de aire.

➤ REA JET Soporte del cabezal Spray Block SRP-7

Las dimensiones de este elemento se especificarán cuando se realice el pedido.

### ➤ REA JET Controlador Spray Block SRP-7

Este controlador trabaja a tensión de 400/230 V. Control de tensión de 24 V de AC/DC con interruptor principal, fusibles y lámparas de control. Tiene un panel frontal con pantalla analógica. Cuenta con componentes de control para el SRB-7 que se integrarán en el armario, tales como:

- Entrada de la terminal LK RS 422.
- Un codificador y una rueda de medición.
- Un sensor
- Una caja de conexión.

## 7.4 Autómata utilizado: SIEMENS.

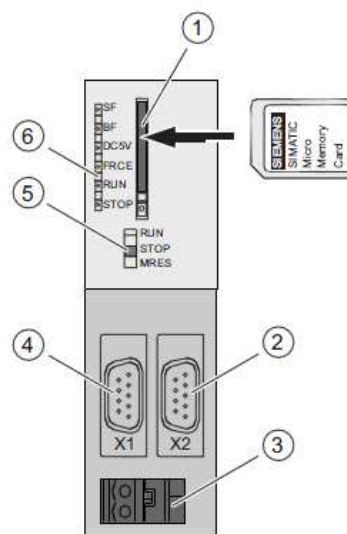
### 7.4.1 PLC: “Programmable Logic Controller”.

El PLC de la marca SIEMENS utilizado en la enderezadora de tubos automática cuenta principalmente con los siguientes elementos:

- Una unidad central de proceso: Simatic s7-300 CPU 314 96 KB 6ES7314-1AG13-0AB0.
- Tarjetas de entrada digitales Simatic s7-300.
- Tarjetas de salida digitales Simatic s7-300.
- Tarjeta de memoria micro Simatic s7-300.

En lo que al CPU se refiere, en la imagen contigua se pueden observar los elementos de manejo y la visualización de los modelos s7-300 31x; donde los diferentes elementos representados son:

1. Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor.
2. 2. interfaz X2 (solo en la CPU 315-2 DP).
3. Conexión para la fuente de alimentación.
4. 1. Interfaz X1 (MPI).
5. Selector de modo.
6. Indicadores de estado y error.



Posteriormente se van a mostrar todos los datos técnicos correspondientes al CPU utilizado, los cuales se van a presentar en las siguientes tablas.

Datos técnicos	
CPU y versión de producto	
Referencia	6ES7314-1AG13-0AB0
• Versión de hardware	01
• Versión de firmware	V 2.6
• Paquete de programas correspondiente	STEP 7 a partir de la versión 5.4 + SP 3 ó STEP 7 a partir de la versión 5.2 + SP1 con HSP 0124
Memoria	
Memoria de trabajo	
• Integrada	96 KB
• Ampliable	No
Tamaño máximo de la memoria remanente para bloques de datos remanentes	64 KB
Memoria de carga	Insertable mediante Micro Memory Card (máx. 8 MB)
Conservación de datos en la Micro Memory Card (tras la última programación)	Mínimo 10 años
Respaldo	Garantizado por la Micro Memory Card (libre de mantenimiento)
Tiempos de ejecución	
Tiempos de ejecución para	
• Operaciones de bits	Mín. 0,1 µs
• Operaciones de palabras	Mín. 0,2 µs
• Aritmética en coma fija	Mín. 2,0 µs
• Aritmética en coma flotante	Mín. 3 µs
Temporizadores/contadores y su remanencia	
Contadores S7	256
• Remanencia	Configurable
• Predeterminada	de Z 0 a Z 7
• Rango de conteo	0 a 999
Contadores IEC	Sí
• Clase	SFB
• Cantidad	Ilimitada (sólo por la memoria de trabajo)



<b>Datos técnicos</b>	
Temporizadores S7	256
• Remanencia	Configurable
• Predeterminada	Sin remanencia
• Rango de tiempo	10 ms a 9990 s
Temporizadores IEC	Sí
• Clase	SFB
• Cantidad	Ilimitada (sólo por la memoria de trabajo)
<b>Áreas de datos y su remanencia</b>	
Marcas	256 bytes
• Remanencia	Sí
• Remanencia predeterminada	MB0 a MB15
Marcas de ciclo	8 (1 byte de marcas)
Bloques de datos	
• Cantidad	511 (en el rango numérico de 1 a 511)
• Tamaño	16 KB
• Non-Retain	Sí
Datos locales según prioridad	máx. 510
<b>Bloques</b>	
Total	1024 (DBs, FCs, FBs) El número máximo de bloques cargables puede verse reducido por la Micro Memory Card utilizada.
OBs	v. lista de operaciones
• Tamaño	16 KB
• Número de OBs de ciclo libre	1 (OB 1)
• Número de OBs de alarma horaria	1 (OB 10)
• Número de OBs de alarma de retardo	1 (OB 20)
• Número de alarmas cíclicas	1 (OB 35)
• Número de OBs de alarmas de procesos	1 (OB 40)
• Número de OBs de arranque	1 (OB 100)
• Número de OBs de errores asíncronos	4 (OB 80, 82, 85, 87)
• Número de OBs de errores síncronos	2 (OB 121, 122)
Profundidad de anidamiento	
• por cada prioridad	8
• adicional, dentro de un OB de error	4
FBs	v. lista de operaciones
• Cantidad, máx.	1024 (en el rango numérico de 0 a 2047)

<b>Datos técnicos</b>	
• Tamaño	16 KB
FCs	v. lista de operaciones
• Cantidad, máx.	1024 (en el rango numérico de 0 a 2047)
• Tamaño	16 KB
<b>Áreas de direccionamiento (entradas y salidas)</b>	
Área de direccionamiento de periferia (total)	
• Entradas	1024 bytes (de direccionamiento libre)
• Salidas	1024 bytes (de direccionamiento libre)
Imagen de proceso E/S	
• Entradas	128 bytes
• Salidas	128 bytes
Canales digitales	
• Entradas	máx. 1024
• Salidas	máx. 1024
• Entradas, de ellas centralizadas	máx. 1024
• Salidas, de ellas centralizadas	máx. 1024
Canales analógicos	
• Entradas	máx. 256
• Salidas	máx. 256
• Entradas, de ellas centralizadas	máx. 256
• Salidas, de ellas centralizadas	máx. 256
<b>Configuración</b>	
Bastidores	máx. 4
Módulos por cada bastidor	8
Cantidad de maestros DP	
• Integrada	Ninguno
• A través de CP	4
Módulos de función y procesadores de comunicación compatibles	
• FM	máx. 8
• CP (punto a punto)	máx. 8
• CP (LAN)	máx. 10



<b>Datos técnicos</b>	
<b>Hora</b>	
Reloj	Sí (reloj de HW)
• Respaldo	Sí
• Duración del respaldo	Típ. 6 semanas (a 40 °C de temperatura ambiente)
• Comportamiento tras concluir el tiempo de respaldo	El reloj continuará avanzando a partir de la hora a la que se produjo la desconexión de la alimentación.
• Precisión	Desviación diaria: < 10 s
Contador de horas de funcionamiento	1
• Número	0
• Rango	2 <sup>31</sup> horas (si se utiliza la SFC 101)
• Granularidad	1 hora
• Remanente	sí; debe reiniciarse con cada rearranque completo.
Sincronización horaria	Sí
• en el autómata	Maestro
• en MPI	Maestro/esclavo
<b>Funciones de aviso S7</b>	
Cantidad de equipos que pueden conectarse para funciones de aviso (p. ej. OS)	12 (en función de los enlaces configurados para comunicación básica S7 y PG/OP)
Avisos de diagnóstico de proceso	Sí
• Bloques Alarm-S activos simultáneamente	máx. 40
<b>Funciones de test y puesta en marcha</b>	
Estado/forzado variables	Sí
• Variable	Entradas, salidas, marcas, DB, temporizadores, contadores
• Cantidad de variables	30
– De ellas, estado de variables	30
– De ellas, forzado de variables	14
Forzado permanente	Sí
• Variable	Entradas / salidas
• Cantidad de variables	máx. 10
Estado del bloque	Sí
Paso individual	Sí
Punto de parada	2
Búfer de diagnóstico	Sí
• Cantidad de entradas (no configurable)	máx. 100

<b>Datos técnicos</b>	
<b>Funciones de comunicación</b>	
Comunicación PG/OP	Sí
Comunicación de datos globales	Sí
• Cantidad de círculos GD	4
• Cantidad de paquetes GD	máx. 4
– Emisor	máx. 4
– Receptor	máx. 4
• Capacidad del paquete GD	máx. 22 bytes
– De ellos, coherentes	22 bytes
Comunicación básica S7	Sí
• Datos útiles por tarea	máx. 76 bytes
– De ellos, coherentes	76 bytes (en X_SEND o X_RCV) 64 bytes (en X_PUT o X_GET como servidor)
Comunicación S7	Sí
• Como servidor	Sí
• Como cliente	Sí (a través de CP y FB cargables)
• Datos útiles por tarea	máx. 180 (en PUT/GET)
– De ellos, coherentes	64 bytes
Comunicación compatible con S5	Sí (a través de CP y FC cargable)
Número de enlaces	12
utilizados para	
• Comunicación PG	máx. 11
– Reservados (por defecto)	1
– Configurable	1 a 11
• Comunicación OP	máx. 11
– Reservados (por defecto)	1
– Configurable	1 a 11
• comunicación básica S7	máx. 8
– Reservados (por defecto)	0
– Configurable	0 a 8
Routing	No
<b>Interfaces</b>	
<b>1a interfaz</b>	
Tipo de interfaz	Interfaz RS 485 integrada
Física	RS 485
Separación galvánica	No
Alimentación de la interfaz (15 a 30 V c.c.)	Máx. 200 mA
<b>Funcionalidad</b>	
• MPI	Sí
• PROFIBUS DP	No

<b>Datos técnicos</b>	
• Acoplamiento punto a punto	No
<b>MPI</b>	
Servicios	
• Comunicación PG/OP	Sí
• Routing	No
• Comunicación de datos globales	Sí
• Comunicación básica S7	Sí
• Comunicación S7	Sí
– Como servidor	Sí
– Como cliente	no (pero vía CP y FBs cargables)
• Velocidades de transferencia	187,5 Kbit/s
<b>Programación</b>	
Lenguaje de programación	KOP/FUP/AWL
Juego de operaciones	v. lista de operaciones
Niveles de paréntesis	8
Funciones de sistema (SFC)	v. lista de operaciones
Bloques de función de sistema (SFB)	v. lista de operaciones
Protección del programa de usuario	Sí
<b>Dimensiones</b>	
Dimensiones de montaje A x A x P (mm)	40 x 125 x 130
Peso	280 g
<b>Tensiones, intensidades</b>	
Tensión de alimentación (valor nominal)	24 V c.c.
• Rango admisible	20,4 V a 28,8 V
Consumo de corriente (en marcha en vacío)	típ. 60 mA
Intensidad al conectar	típ. 2,5 A
Consumo de corriente (valor nominal)	0,6 A
$I^2t$	0,5 A <sup>2</sup> s
Protección externa para líneas de alimentación (recomendación)	Mín. 2 A
Potencia disipada	típ. 2,5 W

## 7.4.2 Pantalla.

La pantalla, fabricada por SIEMENS, utilizada en el proyecto es el representado en la imagen posterior, cuyo modelo responde a la siguiente referencia: SIMATIC 6AV6642-0DC01-1AX1. En este apartado se van a exponer las características de este tipo de pantallas, los datos técnicos en una serie de tablas y posteriormente, se van a explicar los diseños de pantallas que se han realizado en el proyecto para un correcto funcionamiento de la enderezadora de tubos automática.

### 7.4.2.1. Características.

Con los paneles SIMATIC se pueden dominar hasta los procesos más complejos, incrementando la disponibilidad y, por tanto, la productividad de la planta. Como interfaz entre el hombre y la máquina, los paneles SIMATIC ofrecen el máximo grado de facilidad y flexibilidad de manejo.

La gama de productos incluye variantes para todas las aplicaciones industriales: desde sencillos teclados de operador hasta el flexible MultiPanel, pasando por paneles móviles y estacionarios.



Los equipos con conexión PROFINET entran en acción para soluciones que utilizan el estándar Industrial Ethernet para la automatización.

Las características principales de este tipo de pantallas son:

- **Robustos:** Para la aplicación en ambientes agresivos. Gracias a la protección IP65/NEMA 4 en su parte frontal, a la alta compatibilidad electromagnética y a su extrema resistencia a las vibraciones, los paneles SIMATIC son ideales para la aplicación en los agresivos ambientes industriales. Las homologaciones para los más diversos sectores y distintas aplicaciones lo confirman.
- **Versátiles:** Posibilidad de conexión. Los paneles SIMATIC se comunican mediante diferentes protocolos de comunicación, de acuerdo a cada modelo: PPI, MPI, Profibus, Profinet. Ciertos paneles que presentan interfaces adicionales como USB, pueden conectarse a otros equipos; como por ejemplo, impresoras.



- **SIMATIC WinCC Flexible:** El software homogéneo y escalable. Éste es el innovador software HMI para la configuración de los paneles SIMATIC. La gama de paneles de operación abarca desde los paneles micro, hasta soluciones locales en PC. WinCC flexible es sinónimo de la máxima eficiencia en configuración: librerías con objetos pre-programados, bloques gráficos reutilizables, herramientas inteligentes, incluso la traducción de textos automatizada para proyectos multilingües. WinCC flexible Runtime permite implementar, a un precio óptimo, soluciones HMI básicas para PC. El sistema incluye herramientas para la gestión de alarmas. Es expandible mediante paquetes adicionales opcionales.

## 7.4.2.2. Datos técnicos.

<b>Información general</b>	
Configuración personalizable	Sí
<b>Display</b>	
Tipo de display	STN
Diagonal de pantalla	5,7 in
Tamaño	5,7 pulgadas (120 mm x 90 mm)
Tipo de display	STN, 4 tonos de azul
Nº de tonos de gris	4
Tipo de color	Tonos de azul
<b>Resolución (píxeles)</b>	
Resolución de imagen horizontal	320
Resolución de imagen vertical	240
Resolución (An x Al en píxeles)	320 x 240
<b>Retroluminación</b>	
MTBF de la retroluminación (con 25 °C)	aprox. 50000 h
<b>Elementos de mando</b>	
Elementos de mando	Teclado de membrana
<b>Modo de operación</b>	
Posibilidad de manejo	Teclas y táctil
Teclas de función, programables	32 teclas de función, 26 con LED
Conexión para ratón/teclado/lector de códigos de barras	USB/USB/USB
<b>Fuentes de teclado</b>	
Teclas de membrana rotulables a voluntad	Sí
Nº de teclas de función con LED	26
Pulsación simultánea de teclas	Sí
Número de teclas de sistema configurables	32
Teclas del sistema	Sí
Teclado numérico/alfanumérico	Sí/Sí
Teclado hexadecimal	Sí
Pulsación simultánea de teclas	Sí
<b>Manejo táctil</b>	
Pantalla táctil	analógica, resistiva
<b>Tensión de alimentación</b>	
Tensión de alimentación	24 V DC
<b>Intensidad de entrada</b>	
Intensidad nominal	0,24 A
IPt, máx.	0,5 A²·s
<b>Procesador</b>	
Procesador	ARM, 200 MHz
Tipo de procesador	ARM
<b>Memoria</b>	
Tipo	Flash/RAM
Memoria de usuario	2048 kbytes de memoria de usuario

<b>Hora</b>	
<b>Reloj</b>	
Tipo	Reloj por hardware, sincronizable, no respaldado
<b>Interfaces</b>	
Interfaces	RS232 opcional, 1 x RS422, 1 x RS485 (máx. 12 Mbits/s)
Nº de Interfaces RS 485	1
Velocidad de transferencia, máx.	12 Mbit/s
Interfaz USB	1 x USB
Slot para tarjeta PC	No
Slot para tarjeta CF	No
Slot para tarjeta Multimedia/SD	combinadas, desde versión 016 asociado a WinCC flex. 2008 SP1
Interfaces especiales	No
<b>Industrial Ethernet</b>	
Interfaz Industrial Ethernet	No
LED de estado Industrial Ethernet	0
<b>Informes (logs)</b>	
<b>Protocolos (conexión a terminal)</b>	
Sm@rtAccess	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
Posición de montaje	vertical
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	+/- 35 °
<b>Temperatura de almacenaje/transporte</b>	
En transporte, almacenamiento	-20 °C a +60 °C
<b>Humedad relativa</b>	
Humedad relativa máx.	90 %
<b>Grado de protección y clase de protección</b>	
Frente	IP65, NEMA 4x, NEMA 12 (montado)
Clase de protección (EN 60529)	IP20
IP (frontal)	IP65
NEMA	NEMA 4x, NEMA 12
Lado posterior	IP20
<b>Normas, homologaciones, certificados</b>	
Certificaciones	CE, GL, ABS, BV, DNV, LRS, FM Class I Div. 2, UL, CSA, cULus, Zona EX 2, Zona EX 22, C-TICK, NEMA 4x, NEMA 12
FM Class I Div. 2	Sí
GL	Sí
ABS	Sí
BV	Sí
DNV	Sí
LRS	Sí
PRS	No
Gost-R	No
Apto para funciones de seguridad	No
<b>Uso en atmósfera potencialmente explosiva</b>	
Atmósfera explosiva, zona 2	Sí
Atmósfera explosiva, zona 22	Sí
<b>Sistemas operativos</b>	
Sistema operativo	Windows CE
<b>Configuración</b>	
Ventana de avisos	Sí
Con sistema de alarmas (con búfer y confirmación)	Sí
Representación de valores de proceso (salida)	Sí
Especificación de valores de proceso (entrada) posible	Sí
Administración de recetas	Sí
<b>Software de configuración</b>	
Herramienta de configuración	WinCC flexible Compact a partir de versión 2005 (debe adquirirse por separado)
2. Paquete de configuración	WinCC flexible Compact
Versión	Versión 2005
Herramienta de configuración	WinCC flexible
Clase	Compact

Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.

169

<b>Idiomas</b>	
Idiomas por proyecto	32
<b>Funcionalidad bajo WinCC flexible</b>	
Librerías	Sí
Planificador de tareas	Sí
Sistema de ayuda	Sí
Nº de caracteres por texto InformatiM	70
<b>Con sistema de alarmas (con búfer y confirmación)</b>	
Nº de clases de avisos	32
Número de avisos	2000
Avisos de bit	Sí
Avisos analógicos	Sí
Nº de avisos de bit	2000
Nº de avisos analógicos	50
Método de aviso por telegramas Alarm S	No
Avisos del sistema HMI	Sí
Avisos del sistema PLC	Sí
Avisos del sistema de otros (SIMATIC S7, Sinumerik, Simotion,...)	No
Longitud de avisos (en caracteres)	80
Líneas	1
Valores de proceso por aviso	8
Grupos de confirmación	99
Indicador de avisos	Sí
Respuesta acústica	No
Primer/Último valor	Sí
<b>Recetas</b>	
Recetas	100
Registros por receta	200
Entradas por registro	200
Memoria de recetas	32 kbytes en Flash Integrada, ampliable
<b>Variables</b>	
Nº de variables por equipo	1000
Nº de variables por sinóptico	50
Nº de variables	1000
Valores Iniciales	1000
Valores límite	Sí
Multiplexar	Sí
Estructuras	No
Tipo fecha y hora	1000
<b>Imágenes</b>	
Número de imágenes configurables	500
Ventana permanente/platilla	Sí
Imagen inicial configurable	Sí
Selección de Imagen vía PLC	Sí
Nº de Imagen en el PLC	Sí



Objetos gráficos	
Objetos textuales	2500 elementos de texto
Campos por imagen	50
Campos de fecha/hora	30
Directorio de contenido de imágenes	No
Salto hacia atrás	J
Objetos gráficos	Mapas de bits, iconos, icono (pantalla completa), gráficos vectoriales
Iconos	500
Icono (cubriendo toda la pantalla)	50
Objetos gráficos complejos	
Estado forzado	en SIMATIC S7
Objetos dinámicos	Diagramas, barras, controles deslizantes, indicadores analógicos, botones invisibles
Número de objetos por proyecto	500
Número por imagen	5
Métodos	Tendencia
Líneas de valor límite	Sí
Nº de barras por imagen	5
Líneas de valor límite	Sí
Campos alfanuméricos	1000
Campos alfanuméricos por imagen	100
Campos numéricos	1000
Campos numéricos por imagen	100
Campos de contraseña	1000
Nº de deslizadores por imagen	0
Nº de indicadores analógicos por imagen	0
Nº de interruptores visibles por proyecto	1000
Interruptores visibles por imagen	100
Interruptores invisibles por imagen	100
Nº de interruptores de estado por proyecto	1000
Botón de interruptor de estado por imagen	100
Nº de selectores por proyecto	1000
Selectores por imagen	100
Nº de conmutadores decádicos por proyecto	0
Conmutadores decádicos por imagen	0
Nº de pilotos luminosos por proyecto	1000
Pilotos luminosos por imagen	100
Atributos para objetos dinámicos	
Cambio de color	Sí
Desplazamiento X/Y	Sí
Ocultar	Sí
Ángulo de giro	No

<b>Listas</b>	
Nº de listas de textos por proyecto	300
Nº de listas de textos por imagen	10
Nº de entradas por lista de textos	30
Nº de listas gráficas por proyecto	100
Nº de listas de gráficos por imagen	10
Nº de entradas por lista gráfica	30
<b>Seguridad</b>	
Número de grupos de usuarios	50
Número de derechos de usuario	32
Exportación/Importación de contraseñas	Sí
<b>Soporte de datos posibles</b>	
Tarjeta PC	No
Tarjeta CF	No
<b>Listado por impresora</b>	
Listado/Impresión	Avisos, Informe (Informe de turno), copia de pantalla
<b>Transferencia (carga/descarga)</b>	
Transferencia de la configuración	MPI/PROFIBUS DP, serie, USB, mediante soporte de memoria externo, detección automática de transferencia
<b>Acoplamiento al proceso</b>	
Conexión al PLC	S5, S7-200, S7-300/400, WinAC, SINUMERIK, SIMOTION, Allen Bradley (DF1), Mitsubishi (FX), Telemecanique (ADJUST), Modicon (Modbus); para más drivers de otros fabricantes, ver el capítulo "Acoplamientos del sistema"
S7-200	Sí
PPI (punto a punto)	Sí
Red PPI	No
MPI	Sí
PROFIBUS DP	Sí
Ethernet	No
S7-300/400	Sí
MPI	Sí
PROFIBUS DP	Sí
PROFINET	No
S5	Sí, sólo PROFIBUS DP
serie	No
PROFIBUS DP	Sí
TI 505	No
Allen Bradley (DF1)	Sí
Allen Bradley (DF485)	No
Mitsubishi (FX)	Sí
Telemecanique (ADJUST)	Sí
Telemecanique (Uni-Telway)	Sí (Solo en combinación con WinCC flexible)
OMRON (LINK/Multilink)	No
Modicon (Modbus)	Sí

Funciones	
Repetición de teclas	No
Orden de tabulación	Sí
Función de cálculo	Sí
Animate	Sí
Editor de árbol de menú	Sí
Conmutación de unidades	No
Herramientas/auxiliares para configuración	
Imagen para limpieza	Sí
Calibrar la pantalla táctil	Sí
Backup/Restore	Sí
Simulación	Sí
Conmutación de dispositivo	Sí
Transferencia de datos	Sí
Función de monitoreo para pila y memoria	No
Trace (archivo de intervenciones de operador)	No
Ampliabilidad/compatibilidad	
Open Platform Program	Sí
Periferias / Opciones	
Periféricos	Impresora
Tarjeta multimedia	Sí
Carga de componentes de software adicionales	Sí
Dimensiones	
Frente de la caja (An x Al)	243 mm x 212 mm
Peso	
Peso aprox.	1 kg
Otros	
Hotline gratuita	Sí
Plazo de garantía	1 a
Última actualización	05-feb-2012

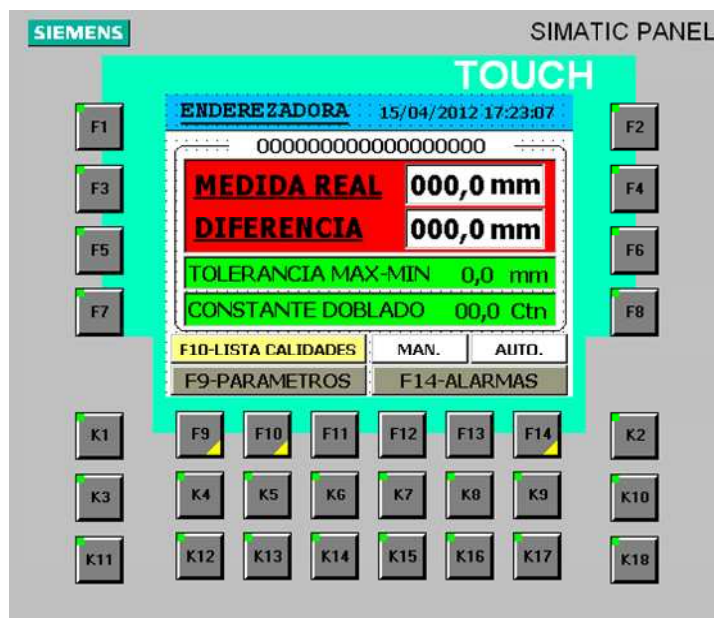
## 7.4.2.3. Pantallas diseñadas.

Los diferentes diseños de pantalla realizados para el proyecto de enderezado automático han sido principalmente cinco, las cuales se van a definir en los siguientes apartados:

### ➤ Página principal

Esta página se diseñó de la manera más visible, elemental y fácil posible. En ella, es fundamental que puedan observarse la configuración del programa, así como algunos datos de gran interés como pueden ser la medida real que está realizando en ese preciso instante el detector láser, la diferencia calculada por este detector, la tolerancia máxima permitida y el valor de la constante de doblado (si se está trabajando de forma manual).

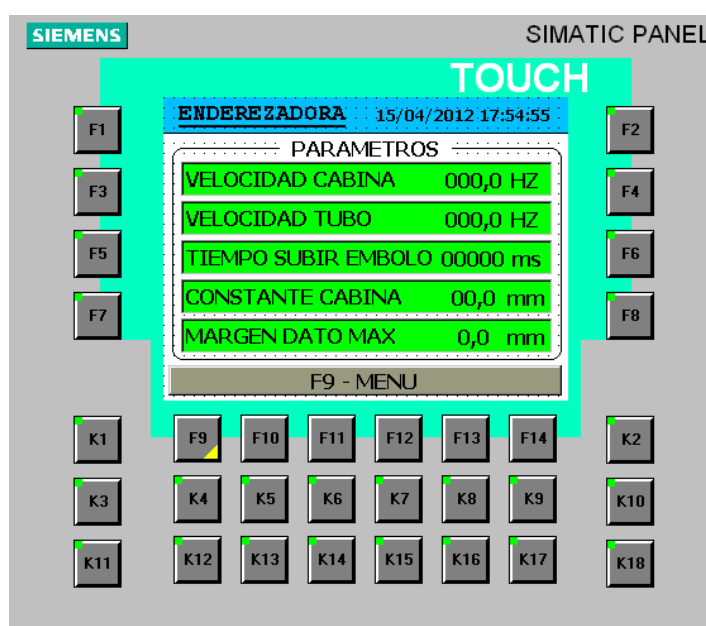
Con respecto a la configuración del programa, en esta página inicial se especifica si se está trabajando de forma manual o automática; y se hace alusión a diferentes botones asignados a otras páginas como la de parámetros, lista de calidades o alarmas.



*Página principal.*

## ➤ Página de parámetros

En esta página se presentan los valores que se asignan a los parámetros primordiales.



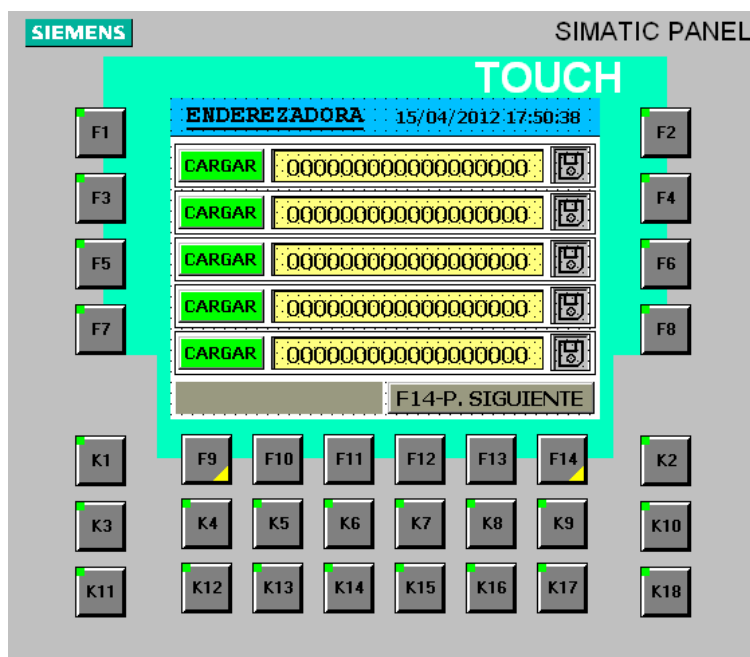
*Página de parámetros*

Estos parámetros son:

- Velocidad de cabina: Rapidez con la que se traslada horizontalmente el carro sobre el banco.
- Velocidad del tubo: Velocidad con la que gira el tubo durante el proceso de medida.
- Tiempo subir émbolo: Periodo de tiempo en el cual el émbolo está subiendo, con este se determinará la distancia de subida, ya que la velocidad es constante.
- Constante de cabina: Este valor es la constante aplicada a la fórmula lineal desarrollada por el programa. Este valor es debido a las dimensiones y holguras del banco.
- Margen dato máx: Es la tolerancia o diferencia permitida en la medida realizada por el detector láser.

## ➤ Lista de calidades.

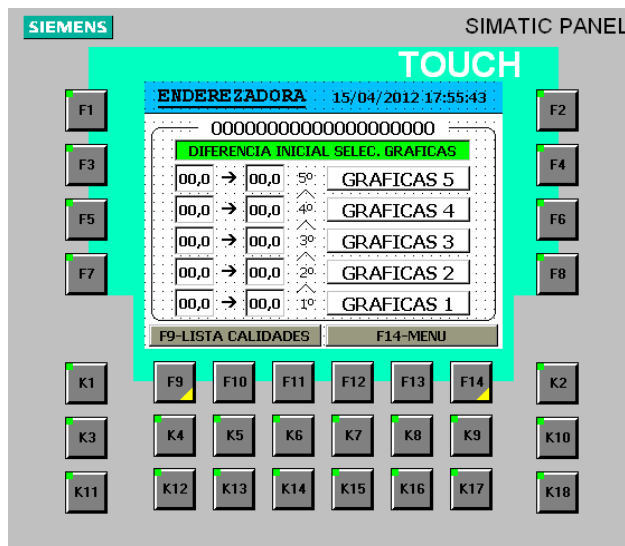
Esta página dispondrá de las diferentes calidades existentes en un periodo de trabajo determinado. De esta manera, habrá diferentes gráficas insertadas en el programa, y no será necesario modificar los valores de las constantes cada vez que haya que enderezar un tubo con una calidad diferente al anterior. El número de calidades diferentes que pueden insertarse en ésta página son doce, que normalmente van a ser más que suficientes.



*Lista de calidades.*

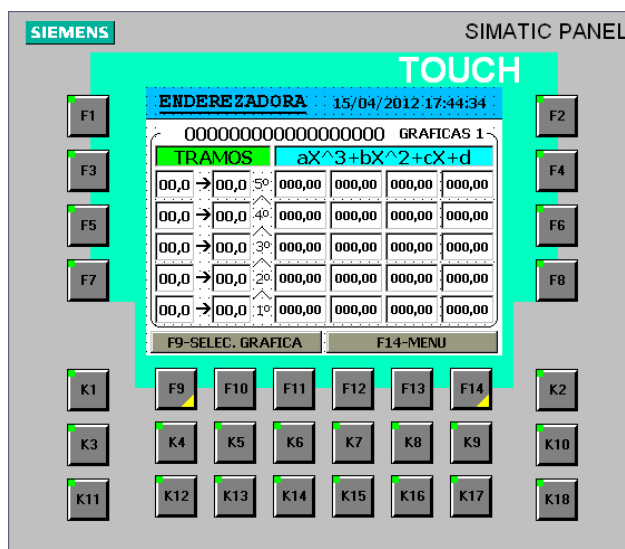
## ➤ Lista de gráficas.

Dentro de cada calidad existen en su interior cinco gráficas, las cuales serán definidas por el usuario de la máquina y clasificadas en función de la diferencia inicial (doblado inicial) que presenten los tubos.



## ➤ Página de cada gráfica.

Como ya ha sido comentado, las gráficas que van a ser insertadas en esta pantalla son a tramos, los cuales corresponden a ecuaciones polinomiales de tercer grado como máximo. Cada gráfica ha sido segmentada en cinco tramos.

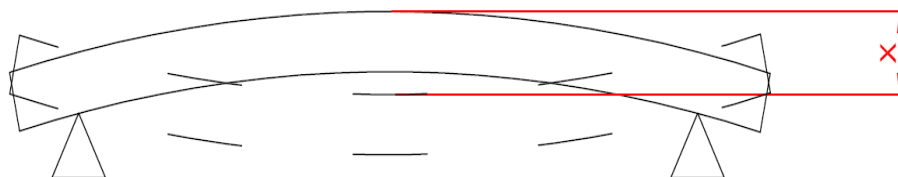


*Página correspondiente a cada gráfica.*

## 7.4.3 Programación realizada.

Las acciones que realiza la programación pueden definirse de manera sencilla a través de los siguientes pasos:

1. Hace girar el tubo.
2. Calcula la distancia entre el punto máximo y el mínimo.



### 3. Calculo de doblado

En este paso, el programa calcula la distancia (flecha) que el pistón hidráulico va a doblar el tubo. La fórmula insertada en el programa es una simple ecuación lineal:

$$Y = \text{Constante de doblado} \cdot X + \text{Constante de cabina}$$



La constante de doblado utilizada por el programa será adquirida de las gráficas insertadas. Para ello, en función del doblado inicial que posea cada tubo se trabajará con una gráfica u otra hasta que el tubo quede enderezado.

4. Deja de realizar el cálculo cuando la diferencia es menor que la tolerancia máxima permitida que ha sido insertada.

La programación ejecutada para que el autómatas lleve a cabo las acciones definidas con anterioridad ha sido realizada por un programador, el cual ha contado con la colaboración del alumno del presente documento.



### 7.5 Diagrama eléctrico.

El diagrama eléctrico de todo el sistema de enderezado automático ha sido concentrado en el cuadro eléctrico situado en la parte trasera de la cabeza enderezadora actual. No ha sido agregado en los anexos por su elevada extensión.

En la próxima imagen se observa el cuadro eléctrico adicionado al carro de la enderezadora de tubos, donde se pueden observar algunos de los elementos principales utilizados, así como sistemas de protección (magneto-térmicos, etc.). Los elementos principales marcados son los siguientes:

1. CPU y entradas / salidas digitales del autómatas SIEMENS.
2. Fuente de alimentación del autómatas SIEMENS.
3. Dos variadores.
4. Controlador del detector de medida láser.
5. Conjunto de relés.



*Cuadro eléctrico.*

## 8. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD ECONÓMICA.

En esta sección del documento se va a realizar un análisis económico de proyecto objeto de estudio. Para ello, por un lado se va a efectuar el cálculo del presupuesto necesario para la elaboración total de la máquina enderezadora descrita en el presente documento. Por otro lado, se va a desarrollar un estudio detallando de la rentabilidad económica que presenta el proyecto reseñado.

### 6.4 Presupuesto.

Para la fabricación y puesta en marcha de la máquina enderezadora de tubos diseñada es ineludible la exigencia de disponer de cierto capital. El presupuesto total va a ser dividido y disgregado en cuatro amplios apartados, que son: el marcado automático, fabricación de un nuevo banco, sistema de medición láser de diámetros y automatización del puesto de enderezado. Los cuales van a ser presentados detalladamente en los apartados siguientes y finalmente, serán todos ellos aglutinados en el presupuesto total.

#### 6.4.1 Presupuesto del marcado automático.

En este apartado se va a mostrar el presupuesto de la oferta efectuada por la empresa Igorle para la compra y puesta en marcha de un sistema apto para el marcado automático de tubos.

	DETALLE DE LA OFERTA	Uds.	Precio	Importe €
600610	REA-JET Cabezal Spray Block Neumático SRP-7	1,00	8.265,00	8.265,00
600611	REA-JET Sistema automático de limpieza SRP-7	1,00	795,00	795,00
600612	REA-JET Armario control neumático SRP-7	1,00	7.340,00	7.340,00
600613	REA-JET Armario circuito tinta/disolvente SRP-7	1,00	7.795,00	7.795,00
600614	REA-JET Depósito Tinta 45 litros	1,00	3.685,00	3.685,00
600615	REA-JET Depósito Disolvente 20 litros	1,00	1.640,00	1.640,00
600616	REA-JET Control nivel de llenado	1,00	4.080,00	4.080,00
600617	REA-JET Bomba doble membrana M 12E	1,00	2.100,00	2.100,00
600618	REA-JET Control reflujo sist. Circulación	1,00	1.155,00	1.155,00
600619	REA-JET Cjto. Mangueras de conexión	1,00	2.075,00	2.075,00
600620	REA-JET Filtro de material G 3/8	1,00	1.175,00	1.175,00
600621	REA-JET Cjto. Abrazaderas/racores	1,00	1.110,00	1.110,00
600622	REA-JET Soporte Cabezal Spray Block SRP-7	1,00	1.270,00	1.270,00
600623	REA-JET Controlador Spray Block SRP-7	1,00	14.655,00	14.655,00
999955	Instalación del equipo de DOD, puesta en marcha y curso de formación	1,00	2.250,00	2.250,00
<b>Total</b>				<b>59.390,00</b>

Automatización de máquina de enderezado de tubos en aleaciones especiales.

179

En este presupuesto solamente está incluido el material y puesta en marcha de los componentes de marcado. De forma que no están incluidos los componentes mecánicos, neumáticos y/o hidráulicos necesarios, que realicen el movimiento del cabezal Spray de pintura.

## 6.4.2 Presupuesto de la fabricación de un banco.

En este apartado se va a ejecutar un cálculo aproximado del coste que supone la elaboración del nuevo banco de enderezado descrito.

DETALLE DE LA OFERTA	Uds.	Precio	Importe €
Cimentación	1,00	5.000,00	5.000,00
Estructura metálica	1,00	52.000,00	52.000,00
Acometidas eléctricas (cableado)	1,00	2.500,00	2.500,00
Programación y electrónica	1,00	28.000,00	28.000,00
Sistemas hidráulico y neumático	1,00	31.000,00	31.000,00
Documentación, proyecto y sello CE	1,00	4.000,00	4.000,00
Sistema de marcaje de tubo	1,00	38.000,00	38.000,00
Total			160.500,00

## 6.4.3 Presupuesto del sistema de medición láser de diámetros.

Este presupuesto únicamente consta de la adquisición de seis unidades de láseres de medición de diámetros LAP METIS de 150 mm y la instalación y puesta en marcha de estos.

DETALLE DE LA OFERTA	Uds.	Precio	Importe €
Laser de medición de diámetros LAP METIS	6,00	1.200,00	7.200,00
Instalación del equipo y puesta en marcha.	1,00	2.250,00	2.250,00
Total			9.450,00

## 6.4.4 Presupuesto de la automatización del proceso de enderezado.

En esta parte del presupuesto han sido incluidos los productos necesarios para la automatización del proceso de enderezado, que fundamentalmente son el detector de medida láser Keyence, el autómatas Siemens Simatic S-7 300 y diversidad de componentes eléctricos y electrónicos. Este apartado está muy desgranado porque no es una estimación sino que es una factura real que ya ha sido realizada, ya que el proceso de enderezado ya ha sido automatizado. Por ello, en el presupuesto aparece el coste total de la mano de obra.

Denominación	Uds.	Precio	Importe (€)
Armario metálico 1000x800x300mm	1,00	410,14	410,14
Placa montaje metal 108 p/plm-108	1,00	103,55	103,55
Bloque básico 40A	1,00	36,68	36,68
Maneta 60x60mm 12-40a enclavable 3c.	1,00	8,70	8,70
Magneto 4P 40A acc. 4mód.	1,00	91,00	91,00
Bloque conex. Escalonado iv 125a	1,00	56,67	56,67
Magneto 2P 6A acc. 2 mód.	3,00	40,79	122,37
Transf. Monof. P. 115/230V 160VA	1,00	38,69	38,69
Portafusi 1p 32a 10x38mm	4,00	4,74	18,96
Fuente aliment. SITOP 5A-6EP1333-3BA00	1,00	157,30	157,30
Disyuntor magnetoterm 1,6-2,5a 50/60hz	2,00	66,33	132,66
Disyuntor magnetoterm 13-18a	2,00	79,51	159,02
Contacto aux front na/nc	2,00	10,11	20,22
Contactador 9a 1na/1nc 230v 50/60hz	2,00	34,77	69,54
Contactador 18a 1na/1nc 230v 50/60hz	2,00	52,52	105,04
Variador VL T2822 (195N1051)	1,00	564,29	564,29
Relé mrs 24vdc 1cc	20,00	15,86	317,20
Reel 4pdt 5a led 07 MY4IN24DCS	5,00	5,58	27,90
Base my carril din 5a 15 pines PYF14AN	5,00	4,23	21,15
Modulo seguridad cat.3 24vac/dc	1,00	156,70	156,70
Borne wdk 2.5	35,00	3,48	121,80
Tope wew 35/2	12,00	1,82	21,84
Borne wdu 10	3,00	1,57	4,71
Borne wdu 4	9,00	1,03	9,27
Borne wpe 4	7,00	4,22	29,54
Borne wpe 10	1,00	4,68	4,68
Corto 3h enr 8mm m18 pnp na conector m12	1,00	29,88	29,88
Con cable recto 4 hilos 5m m12	1,00	12,33	12,33
Canal gris ral7030 80x60 pvc-m1	10,00	7,60	76,00
Guía ts35x7.5 perf. (metro)(carril omega)	10,00	6,36	63,60
Canal gris ral7030 60x43 pvc-m1	6,00	4,49	26,94
Cable Firex Flexib. 1x2.50mm NEGRO	30,00	0,55	16,50
Cable Firex Flexib. 1x2.50mm AZUL	20,00	0,55	11,00

Cable Firex Flexib. 1x10mm NEGRO	30,00	2,31	69,30
Cable Firex Flexib. 1x10mm AZUL	20,00	2,31	46,20
Cable Cero Halogen. 1 Rojo	60,00	0,32	19,20
Cable Cero Halogen. 1 Azul	60,00	0,32	19,20
Soporte carril omega TSTW	8,00	1,91	15,28
Prensaestopa PVC M-25	10,00	1,24	12,40
Prensaestopa PVC M-20	6,00	0,89	5,34
Prensaestopa PVC M-32	4,00	2,35	9,40
Tuerca PVC M-25	10,00	0,25	2,50
Tuerca PVC M-20	6,00	0,19	1,14
Tuerca PVC M-32	4,00	0,41	1,64
Pulsador rasante verde	6,00	4,95	29,70
Pulsador rasante rojo	3,00	4,95	14,85
Cabeza selector man.corta ng.3fijas	1,00	9,11	9,11
Cabeza pulsador seta Ø40mm rojo	1,00	26,96	26,96
Piloto lumin.c/led 24v verde	6,00	8,41	50,46
Cámara con chasis NA	7,00	6,71	46,97
Cámara con chasis nc	4,00	6,71	26,84
Cabeza c/led integrado verde	6,00	4,77	28,62
Armario metálico 600x500x250mm	1,00	184,87	184,87
Placa metálica 600x500mm	1,00	37,24	37,24
Caja metálica dbn 25-20	1,00	46,72	46,72
Bandeja galvanizada 60x100 standard gc	16,00	15,41	246,56
Cable multicond. 500V 30x1 mm	40,00	11,90	476,00
Cable blindex 4x1.5mm	40,00	3,18	127,20
Cable blindex 4x4mm	40,00	8,15	326,00
Cable multicond. 500V 12x1 mm	40,00	4,80	192,00
Cable unitronic LIYCY 2x0.5	40,00	1,21	48,40
LK-2501+LK501+LC-C2 (Laser medidor)	1,00	3.000,00	3.000,00
Simatic cpu 314 96KB 6es7314-1ag13-0ab0	1,00	809,37	809,37
Simatic s7-300, tarjeta de entradas digitales	1,00	403,20	403,20
Simatic s7-300, tarjeta de salidas digitales	1,00	558,60	558,60
Simatic s7, micro memory card para s7-300	1,00	51,32	51,32
Simatic s7-300, conector frontal 392 c	2,00	46,53	93,06
Fuente alim. Ps 307, 120/230v ac; 24 vdc,2	1,00	121,52	121,52
Simatic s7-300, perfil soporte longitudinal	1,00	43,01	43,01
Simatic s7-300, conector frontal paralelo	1,00	29,61	29,61
Simatic s7-300, tarjetas de entrada/salida	1,00	459,00	459,00
Simatic pantalla 6AV6642-0DC01-1AX1	1,00	966,67	966,67
Profibus conector 45º pg 6ES7972-0BB41-0X	2,00	66,60	133,20
Cable bus profibus std. 6XV1 830-0EH10	16,00	2,30	36,80
Mano de obra	1,00	7.434,93	7.434,93
<b>Total</b>			<b>19.306,26</b>

## 6.4.5 Presupuesto total.

Una vez conocidos todos los apartados que constituyen el presupuesto detalladamente, se procederá a aglutinarlos todos en el presupuesto total. Por tanto, el cálculo aproximado del presupuesto total necesario quedará de la siguiente manera:

Denominación	Uds.	Precio	Importe (€)
Fabricación de un banco completamente nuevo	1,00	160.500,00	160.500,00
Sistema Spray REA-JET Block 7 de marcado automático	1,00	59.390,00	59.390,00
Sistema de medición de diámetros láser	1,00	5.850,00	9.450,00
Automatización del proceso de enderezado.	1,00	19.306,26	19.306,26
<b>Total presupuesto</b>			<b>248.646,26</b>

## 6.5 Rentabilidad económica.

En esta parte del estudio económico se va a tratar de hacer un cálculo aproximado de la rentabilidad del proyecto. Esto consiste en estimar el beneficio adicional total y unitario obtenido con la instalación del nuevo proyecto. Para ello, deberán calcularse en primer lugar todas las inversiones, costes de operación y amortizaciones.

### 8.2.1 Inversiones

Todas las inversiones que han de realizarse han sido detalladas extensamente en el apartado anterior titulado 7.1 Presupuesto. Las inversiones totales pueden recopilarse en la siguiente tabla:

Denominación	Uds.	Precio	Importe (€)
Fabricación de un banco nuevo	1,00	160.500,00	160.500,00
Sistema de marcado automático	1,00	59.390,00	59.390,00
Sistema de medición de diámetros láser	1,00	5.850,00	9.450,00
Automatización del proceso enderezado.	1,00	19.306,26	19.306,26
<b>Total inversión</b>			<b>248.646,26</b>

## 8.2.2 Costes de operación

Las operaciones que van a realizarse en el nuevo puesto de trabajo de enderezado van a cambiar una vez que los tubos hayan sido granallados, hasta el granallado las operaciones realizadas van a ser las mismas que en la actualidad. Cuando los tubos salen de la granalladora son transportados automáticamente hasta la viga de la máquina enderezadora a través de las cadenas accionadas con los motores eléctricos. Durante este trayecto, los tubos son detenidos y medidos automáticamente con los láseres de medida de diámetros. Una vez en la viga los rodillos transversales y la cabeza enderezadora se mueven a lo largo de los raíles para realizar de forma automática el proceso de enderezado. Posteriormente, una vez enderezado el tubo, éste es trasladado con la ayuda del operario hacia el banco de post-enderezado, donde el tubo es marcado automáticamente y transportado mediante cadenas accionadas con motores eléctricos hacia el puesto de líquidos penetrantes.

Las operaciones modificadas en este puesto de trabajo son las siguientes:

- Transporte automático antes y después del proceso de enderezado.
- Movilidad de los rodillos transversales además de la cabeza enderezadora.
- Marcado y medida automática de los tubos.

Estas tres nuevas operaciones que van a ser realizadas en el nuevo proyecto implican el aumento del número de motores eléctricos utilizados; pero como estos motores son de poca potencia no se va a observar un incremento significativo en la energía empleada en el puesto de enderezado.

Otro aspecto que no va a ser modificado con la implantación de la nueva máquina enderezadora son los materiales empleados, los cuales serán exactamente los mismos que con la máquina actual.

Por tanto, los costes de operación no van a ser incrementados con la puesta en marcha del nuevo proyecto. Sin embargo, se conseguirá un ahorro económico en los costes de operación al conseguir un aumento en la productividad. Éste será debido a que con el nuevo diseño únicamente es necesario un trabajador en el puesto de trabajo, luego se conseguirá un ahorro de mano de obra por pieza, que será el siguiente:

$$\frac{1 \text{ persona/relevo} \times 3 \text{ relevos} \times 35.000 \text{ €/año}}{21.207 \text{ n}^{\circ} \text{ piezas/año}} = 4,95 \text{ €/pieza}$$



$$B_{productividad} = 4,95 \text{ €/pieza}$$

## 8.2.3 Rentabilidad por aumento de capacidad

Con la nueva puesta en marcha del nuevo diseño de máquina enderezadora se va a conseguir un aumento en el volumen fabricado en el puesto de enderezado, ya que posee mayor capacidad de producción, el cual puede representarse de la siguiente forma:

$$\text{Producción actual} \rightarrow X = 6,25 \text{ piezas/h}$$

$$\text{Producción futura} \rightarrow Y = 8 \text{ piezas/h}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= (X - Y) \text{ piezas/h} \cdot 215 \text{ dias/año} \cdot 24 \text{ h/dia} \\ &= (8 - 6.25) \text{ piezas/h} \cdot 215 \text{ dias/año} \cdot 24 \text{ h/dia} \\ &= 9030 \text{ piezas/año}\end{aligned}$$

El beneficio unitario que será alcanzado debido al aumento en el volumen de piezas fabricadas se representará de la siguiente manera:

$$\text{Inversion} \rightarrow I = 248.646 \text{ €}$$

$$\text{Precio venta pieza} \rightarrow P = \frac{100.000.000 \text{ €}}{21.207 \text{ piezas}} = 4715,4 \text{ €/pieza}$$

Suponiendo que el beneficio de la empresa por cada pieza sea de un 1%:

$$\text{Beneficio por pieza (1\%)} \rightarrow B = 0,01 \times 4715,4 = 47,15 \text{ €/pieza}$$

$$B_{volumen} = 47,15 \text{ €/pieza}$$

### 8.2.4 Amortizaciones Base piezas/año

En este contexto, el concepto de amortización significa la recuperación gradual de la inversión con los ingresos que supone el proyecto. De esta manera, la amortización de la enderezadora de tubos se calculará dividiendo la inversión que es necesario realizar entre 10 años y entre el incremento de la cantidad de tubos fabricados al año con el nuevo proyecto. De esta forma la amortización quedará:

$$A = \frac{248.646€}{10 \text{ años} \times 9.030 \text{ piezas/año}} = 2,75 \text{ €/pieza}$$

### 8.2.5 Beneficio total anual

El beneficio unitario total será la suma del beneficio unitario debido al aumento de productividad y al beneficio unitario debido al aumento del volumen de piezas fabricadas, ambos calculados anteriormente en los apartados anteriores.

$$B_{total} = B_{volumen} + B_{productividad} = 47,15 + 4,95 = 52,1 \text{ €/pieza}$$

Y el beneficio adicional anual debido a la instalación de la nueva máquina será:

$$B_{año} = 52,1 \text{ €/pieza} \times 9030 \text{ piezas/año} = 470.463 \text{ €/año}$$

Por tanto, el plazo de amortización de la inversión podrá determinarse dividiendo la inversión entre el beneficio adicional anual:

$$Plazo \text{ amortización} = \frac{I}{B_{año}} = \frac{248.646 \text{ €}}{470.463 \text{ €/año}} = 0,53 \text{ años}$$

Luego, como puede observarse, el proyecto es altamente rentable, ya que aproximadamente en medio año, la inversión realizada será amortizada con los beneficios adicionales obtenidos con la instalación de la nueva máquina enderezadora de tubos de aleaciones especiales.

## 9. CONCLUSIONES

En esta parte final del documento se van a tratar las conclusiones obtenidas con la instalación y puesta en marcha del nuevo diseño de máquina enderezadora de tubos. Posteriormente se tratarán los cambios en la producción que supone la implantación del nuevo diseño; y finalmente se comentarán futuros desarrollos derivados de esta implantación.

Por tanto, este nuevo diseño va a derivar en las siguientes conclusiones:

- Posibilidad de la automatización del proceso de enderezado de tubos mediante la inserción de gráficos curvatura vs constante. La automatización será controlada a través del autómatas y pantalla instalados. Con esta automatización se alcanzará una mejora en la producción evitándose cuellos de botella, retrasos o ineficiencias.
- Reorganización del lay-out del puesto de enderezado, eliminándose desplazamientos inútiles y logrando así reducir el tiempo de producción por tubo. Basándose en la filosofía industrial japonesa “Just in time”, que pretende eliminar todas las acciones que no añaden valor al producto.
- Transporte automático de los tubos antes y después del proceso de enderezado, evitando así ciertos problemas de seguridad que pueden surgir como caídas, atrapamientos o lesiones en los operarios por posiciones poco ergonómicas.
- Marcado y medición automática, con lo que se consigue cierta mejor en la productividad, ya que se consigue mayor rapidez en estas operaciones y se evitan posibles equivocaciones o despistes que pueda tener el operario.

### 9.1 Cambios en la producción

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, la instalación de este nuevo diseño implica una notable mejora en la producción desarrollada por la empresa. Ésta mejora es debida a dos aspectos fundamentalmente, al aumento de la capacidad de producción y a la mejora de la productividad.

#### 9.1.1 Aumento de la capacidad de producción.

El nuevo diseño consigue reducir el tiempo de producción total por tubo, luego es posible fabricar mayor volumen de piezas por turno. La reducción del tiempo de producción es debida a que en el nuevo diseño del puesto de enderezado se logrará disminuir tanto el tiempo del proceso de enderezado, como el tiempo de medición y marcado de tubos.

Este aumento en la capacidad de producción puede representarse en un aumento de piezas fabricadas por año:

$$\text{Producción actual} \rightarrow X = 6,25 \text{ piezas/h}$$

$$\text{Producción futura} \rightarrow Y = 8 \text{ piezas/h}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (X - Y) \text{ piezas/h} \cdot 215 \text{ dias/año} \cdot 24 \text{ h/dia} \\ &= (8 - 6,25) \text{ piezas/h} \cdot 215 \text{ dias/año} \cdot 24 \text{ h/dia} \\ &= 9030 \text{ piezas/año} \end{aligned}$$

Como ha sido comentado en el apartado 8.2 Rentabilidad económica; el precio de venta por pieza al mercado es de alrededor de 4715,4 €/pieza. Por lo que, suponiendo que el beneficio por parte de la empresa sea de un 1%; entonces el beneficio unitario por parte de la empresa es de 47,15 €/pieza.

Luego el beneficio anual debido al aumento de la capacidad de producción es de

$$B_{vol} = 47,15 \text{ €/pieza} \times 9030 \text{ piezas/año} = 425.764,5 \text{ €/año}$$

## 9.1.2 Mejora de la productividad.

Por otro lado, con la nueva máquina se produce una mejora en la productividad, ya que solamente es necesario el trabajo de uno de los operarios, por lo cual, se podrá ahorrar el sueldo de uno de los trabajadores. Este ahorro de los costes de operación puede calcularse de la siguiente manera:

$$\frac{1 \text{ persona/relevo} \times 3 \text{ relevos} \times 35.000 \text{ €/año}}{21.207 \text{ n.º piezas/año}} = 4,95 \text{ €/pieza}$$

El beneficio anual debido al aumento de la productividad derivado del ahorro económico en los costes de operación descritos es:

$$B_{\text{productividad}} = 4,95 \text{ €/pieza} \times 9030 \text{ piezas/año} = 44.698,5 \text{ €/año}$$

Si fusionamos ambas mejoras para calcular el beneficio total que se consigue con la implantación de la máquina enderezadora de tubos diseñada:

$$B_{\text{total}} = B_{\text{volumen}} + B_{\text{productividad}} = 47,15 + 4,95 = 52,1 \text{ €/pieza}$$

Y el beneficio adicional anual debido a la instalación de la nueva máquina será:

$$B_{\text{año}} = 52,1 \text{ €/pieza} \times 9030 \text{ piezas/año} = 470.463 \text{ €/año}$$

Una vez conocido el beneficio adicional anual, se calcula el plazo de amortización de la inversión al igual que en el apartado de rentabilidad económica:

$$\text{Plazo amortización} = \frac{I}{B_{\text{año}}} = \frac{248.646 \text{ €}}{470.463 \text{ €/año}} = 0,53 \text{ años}$$

Puede concluirse con la idea de que este proyecto es altamente rentable. Luego parece aconsejable la implantación del nuevo diseño, ya que aproximadamente en medio año, la inversión realizada será amortizada con los beneficios adicionales obtenidos con la instalación de la nueva máquina enderezadora de tubos de aleaciones especiales.

## 9.2 Futuros desarrollos derivados de esta implantación

Este proyecto puede ser completado con futuros desarrollos derivados de esta implantación. Estos futuros desarrollos pueden corresponder a diferentes campos de la ingeniería, como pueden ser:

- Campo de la programación: Programación completa final del autómatas y de la pantalla; junto con la programación de las operaciones de marcado y medición de los tubos.
- Campo de diseño: Diseño de un sistema automático para la descarga de los tubos del banco una vez que hayan sido enderezados.
- Campo de rediseño, estructuras y materiales: Estudio de los esfuerzos sufridos por la cabeza enderezadora en la operación de enderezado. Este estudio puede realizarse mediante programas basados en el método de elementos finitos. Si es necesario y si se considera oportuno, se podría realizar un rediseño de la cabeza enderezadora final.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del presente documento además de los conocimientos adquiridos durante los cursos de la titulación Ingeniería Industrial y de las competencias aprendidas durante la realización de las prácticas en la empresa Schmidt-Clemens Spain; ha sido necesaria cierta documentación adicional.

Esta documentación adicional ha sido recopilada por tres vías diferentes, las cuales son: Internet, apuntes correspondientes a distintas asignaturas de la titulación y libros de texto disponibles en la Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Estos libros utilizados para la elaboración de este Proyecto Fin de Carrera son los enumerados a continuación:

- Martínez de Pisón Ascacíbar, E, “Resistencia de Materiales”, Universidad de la Rioja.
- París, F, “Teoría de la elasticidad”, GERM.
- González Taboada, J.A, “Tensiones y deformaciones en materiales elásticos”, Universidad de Santiago de Compostela- Servicio de Publicaciones e Intercambio científico.
- Cuervo García, A y otros, “Introducción a la administración de empresas”, Thomson Cívitas.
- Norton, R.L, “Diseño de máquinas”, Pearson-Prentice Hall.
- Budynas, R.G y Nisbett, J.K, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”, Mc Graw Hill.
- Cebollada Pras, F, “Guía técnica de seguridad para el diseño y utilización de máquinas y equipos de trabajo”, CIE Dossat 2000.
- Gere, J.M y Timoshenko, S.P, “Mecánica de materiales”, Internacional Thomson Editores.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA DE ENDEREZADO DE  
TUBOS EN ALEACIONES ESPECIALES  
“ANEXOS”

Alumno: Ioseba Fernández Apesteguía

Tutor: Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Junio de 2012

# INDICE

## 1. Anexo 1: Planos.

- A1: Plano de situación.
- A2: Plano de emplazamiento.
- A3: Plano del Lay-out exterior.
- A4: Plano del Lay-out.
- A5: Plano de situación de la maquinaria exterior.
- A6: Plano de situación de la maquinaria.
- A7: Plano del Lay-out del puesto de enderezado.
- A8: Plano de la máquina enderezadora de tubos.
  - A8.1: Plano enderezadora de tubos completa.
  - A8.2: Plano Banco.
  - A8.3: Plano Carro.
    - A8.3.1: Plano estructura.
    - A8.3.2: Rodillos inferiores.
    - A8.3.3: Barreras de seguridad.
    - A8.3.4: Cuadro eléctrico, depósito hidráulico y ventilador.
  - A8.4: Plano Raíles.
  - A8.5: Plano Viga.
  - A8.6: Plano Cabezal accionado.
  - A8.7: Plano Cabezal.
  - A8.8: Plano Cilindro vertical.
  - A8.9: Plano Rodillo longitudinal.
  - A8.10: Plano Rodillo transversal motorizado.
  - A8.11: Plano Rodillo transversal.
  - A8.11': Plano Banco de enderezado cerrado.
  - A8.12: Plano Banco de enderezado abierto.
- A9: Diseños 1 y 2 de la nueva máquina enderezadora de tubos.
  - A9.1: Plano del diseño nº1.
  - A9.2: Plano del diseño nº2.
  - A9.3: Plano Nuevo banco (Diseño 1 y 2).
  - A9.4: Plano Nueva viga (Diseño 1 y 2).
  - A9.5: Plano Rodillo transversal motorizado (Diseño 1 y 2).
  - A9.6: Plano Rodillo transversal no motorizado (Diseño 1 y 2).
  - A9.7: Plano Rodillo superior (Diseño 1 y 2).
  - A9.8: Plano Nuevos raíles (Diseño 1 y 2).
  - A9.9: Plano Cremallera (Diseño 1 y 2).
  - A9.10: Plano Cabeza enderezadora del diseño 1.
  - A9.11: Plano Cabeza enderezadora del diseño 2.

- A10: Diseño final.
  - A10.1: Plano Cabeza enderezadora final.
  - A10.2: Plano Banco pre-enderezado.
  - A10.3: Plano Banco post-enderezado.
  - A10.4: Plano Diseño final.
- A11: Plano del nuevo Lay-out del puesto de enderezado.

Anexo 2: Tablas.

Anexo 3: Gráficos.

Anexo 4: Tinta Rolmark.

Anexo 5: Características de los materiales fabricados en la empresa S+C Spain.

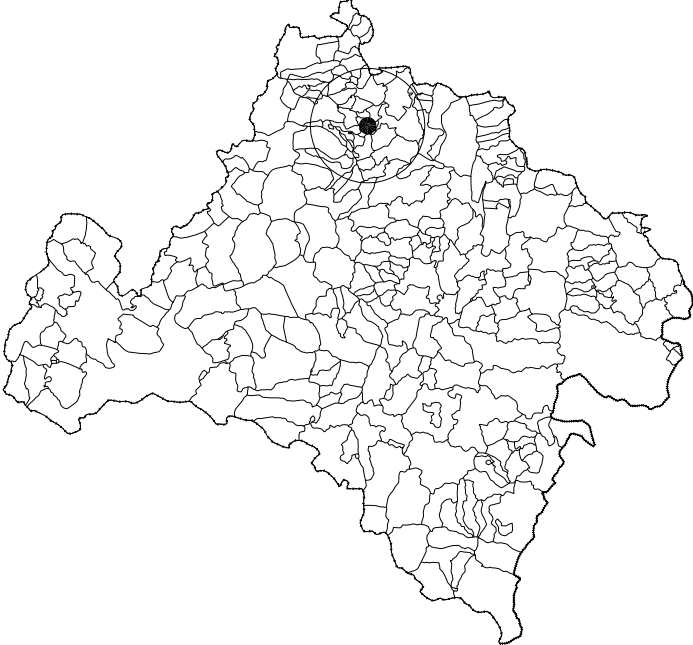
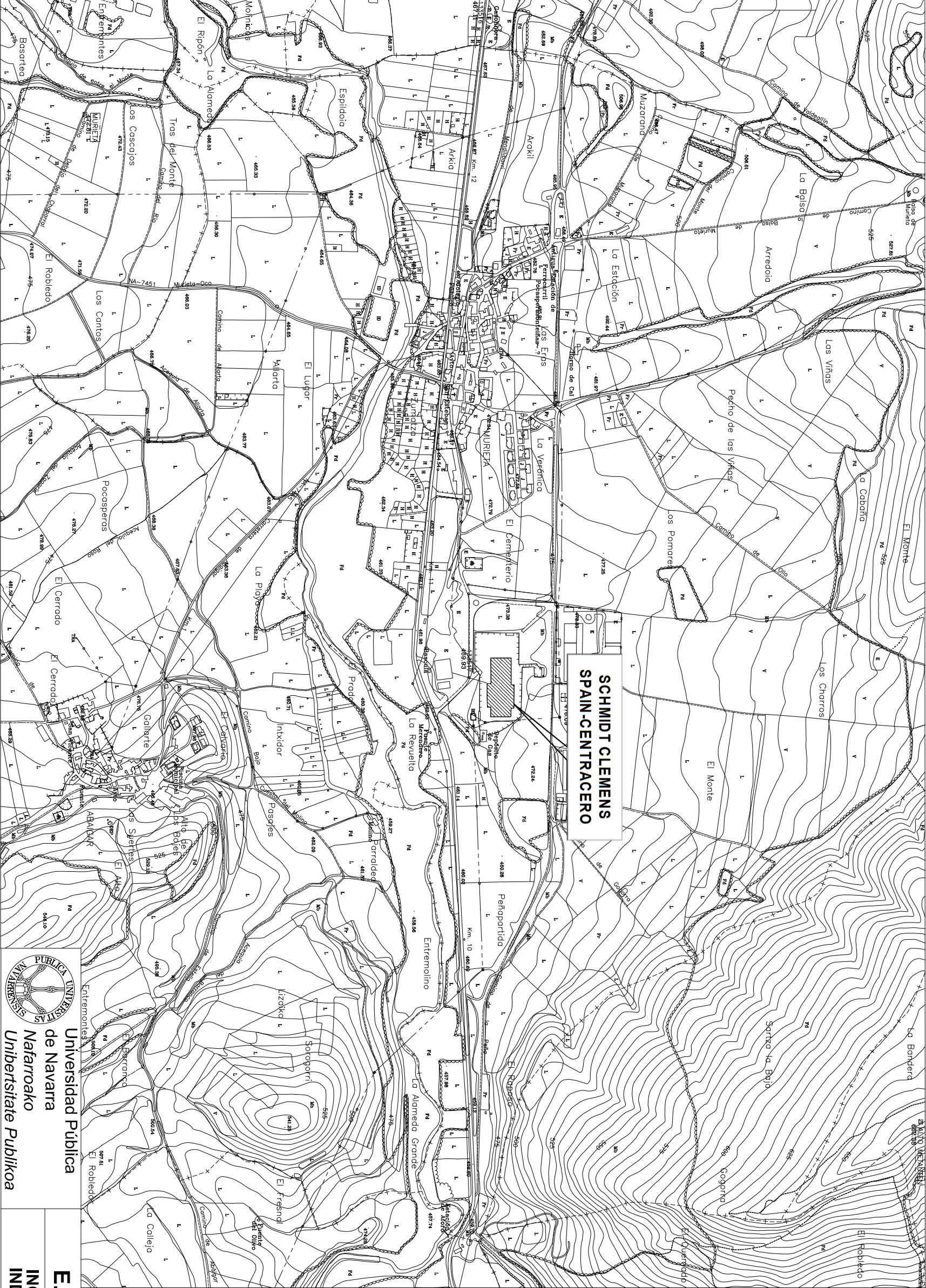
- A5.1: G 4852 Micro.
- A5.2: G 4879 Micro.
- A5.3: 60 HT D
- A5.4: ET 45 Micro

Anexo 6: Características de la serie LK-2500 de detectores de medida láser fabricados por Keyence.

Anexo 7: Características del software Simatic STEP-7 Professional.



## ANEXO 1: PLANOS



UNIVERSIDAD PÚBLICA  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE  
UNA ENDEREZADORA DE TUBOS

REALIZADO:

Fernández Apesteguía, Joseba

FIRMA:

PLANO:

SITUACIÓN

FECHA:

6-2012

ESCALA:

1:5000

Nº PLANO:

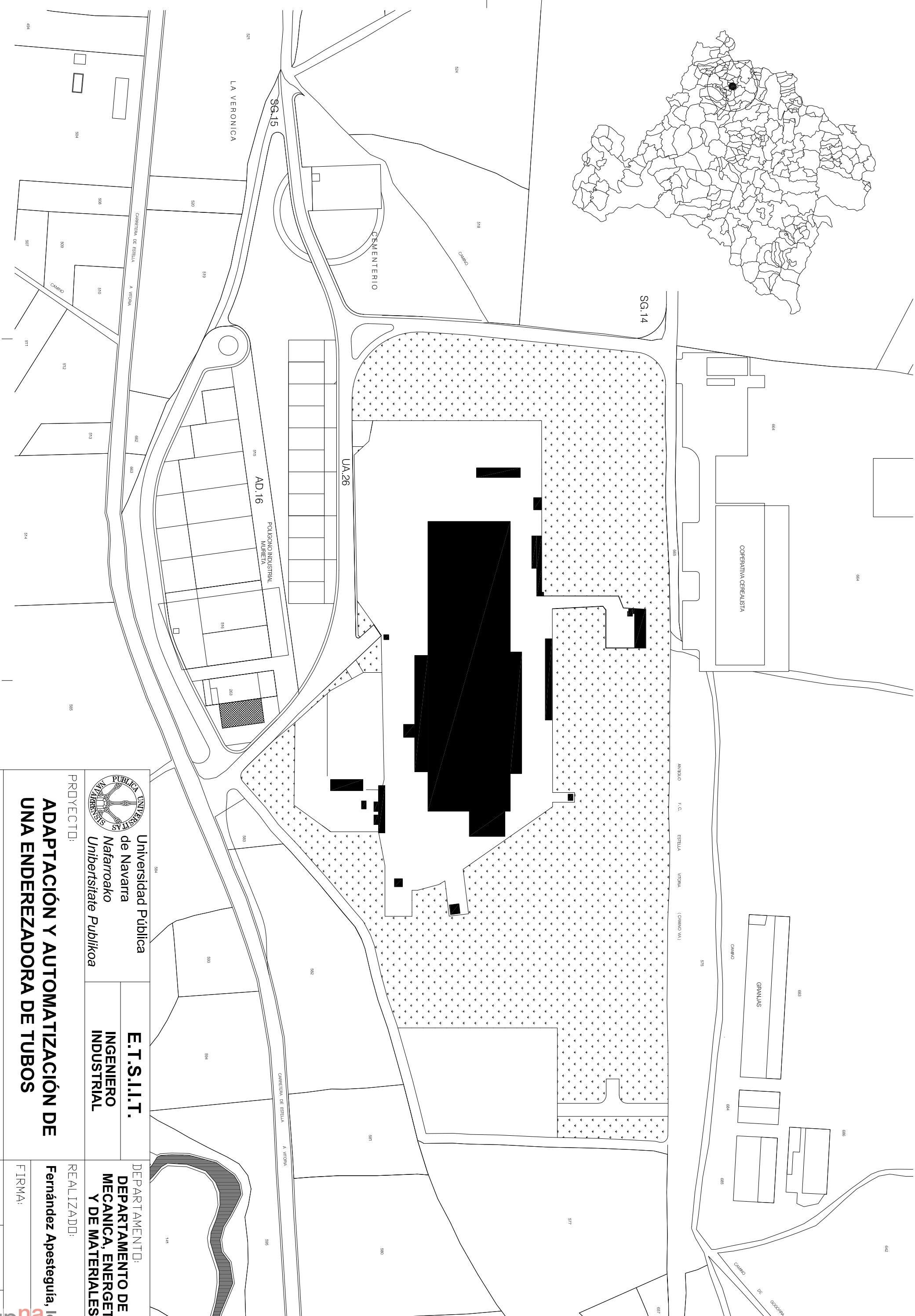
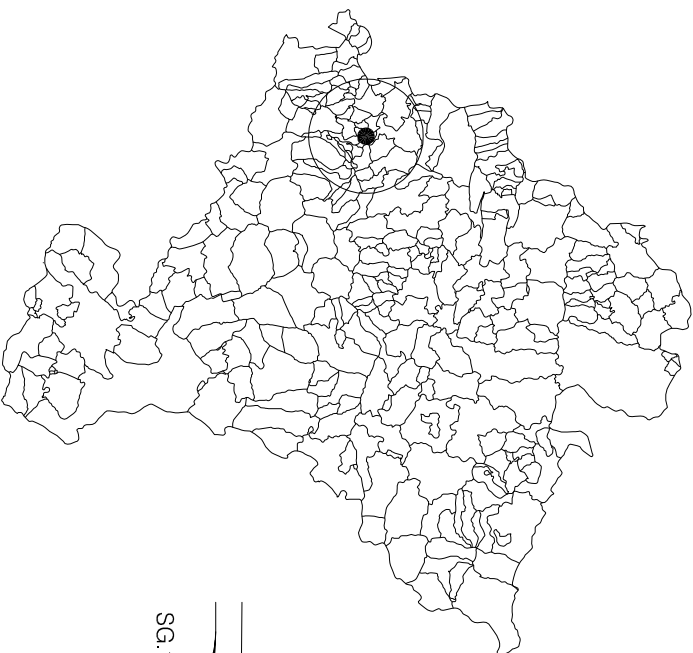
A1

upna  
Todos los derechos reservados  
Español de guztizk erresaltatu



ESCALA: 1:5,000





Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**INDUSTRIAL**

DEPARTAMENTO DE ING.  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

REALIZADO

íá, íosep

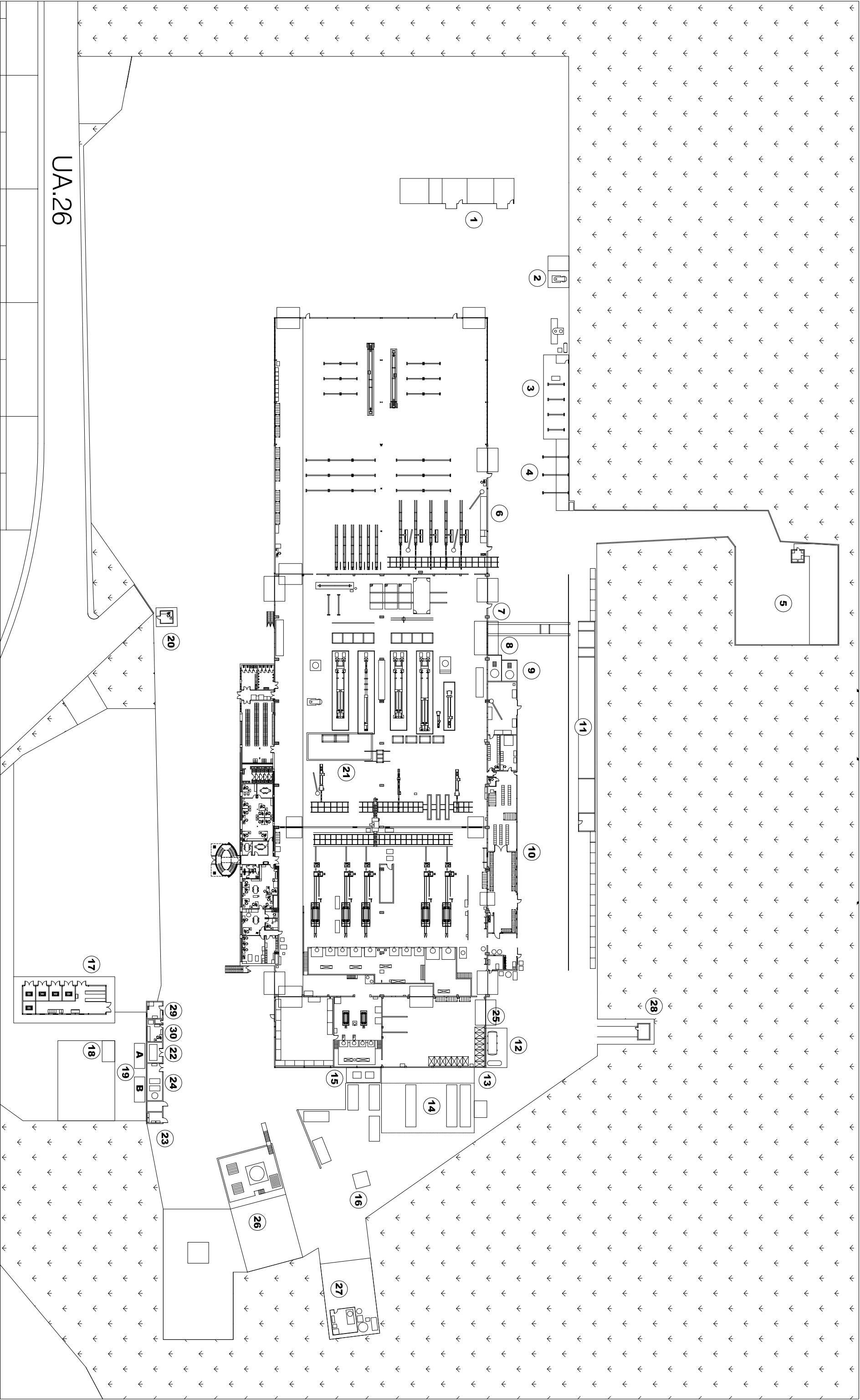
# ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDERIZADORA DE TUBOS

PLANO:

## EMPLAZAMIENTO

FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
6-2012	1:1000	A2

No  
 PLANA  
 Todos los derechos reservados.



UA.26

- 1 REABADO
- 2 TALADRAO
- 3 P.P.H.
- 4 LIMPIEZA TUBOS
- 5 BUNKER
- 6 VIRUTA PROVEEDORES
- 7 DISOLVENTE
- 8 CUBIERTA HORNO VIRUTA
- 9 DEPOSITOS ARGON
- 10 TAPAS EMBALAJE

- 11 ALMACENAMIENTO PRODUCTOS QUIMICOS
- 12 DEPOSITOS AGUA EMERGENCIA HORNOS
- 13 DEPOSITO GASOLEO
- 14 CUBIERTA RESIDUOS
- 15 TORRES REFRIGERACION HORNOS PEQUEÑOS

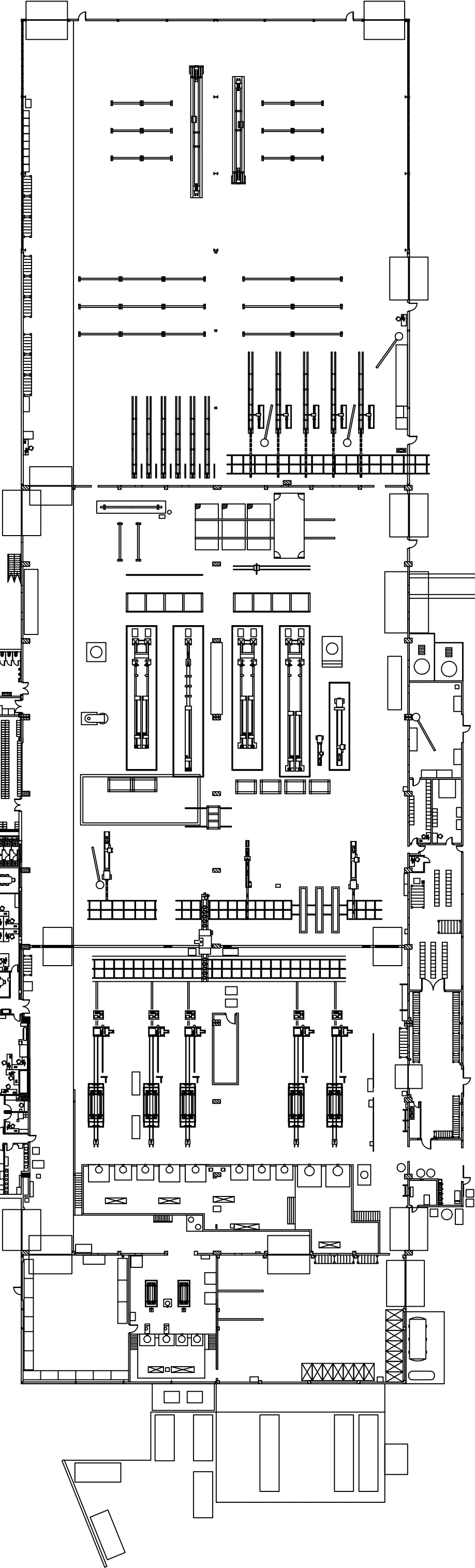
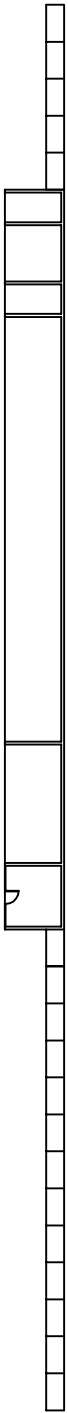
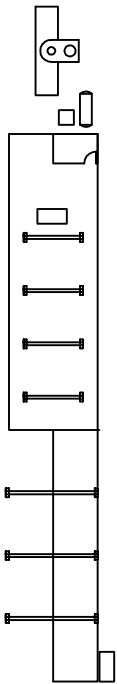
- 16 SEPARADOR DE ACEITES
- 17 TRANSFORMADORES
- 18 RECINTO TRANSFOR. ANTIGUO
- 19 CONTENEDORES (A: Mantenimiento / B: Porteta)
- 20 CASETA GUARDA

- 21 DEPOSITO ACEITE
- 22 INSTALACION AIRE 1
- 23 CALDERA GASIFICADOR
- 24 INSTALACION AIRE 2 y 3
- 25 ENTRADA A AGUA

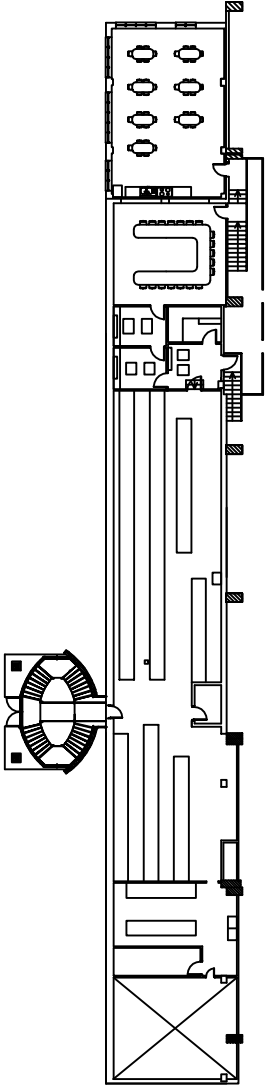
- 26 DEPOSITO GAS NATURAL
- 27 EVAPORADOR
- 28 POZO
- 29 ATAQUE DE ANILLOS
- 30 LAB. METALOGRAFICO

	Universidad Pública de Navarra		INGENIERO INDUSTRIAL
	PROYECTO: Adaptación y automatización de una enderezadora de tubos		
REALIZADO: Fernández Apóstegui, Joseba		DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
FIRMA:		FECHA: 6-2012	
PLANO: LAY OUT EXTERIOR		ESCALA: 1:400	
		IN PLANO: A3	

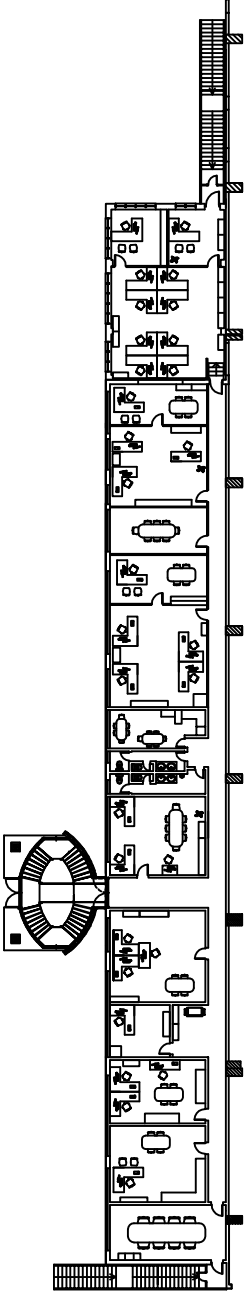




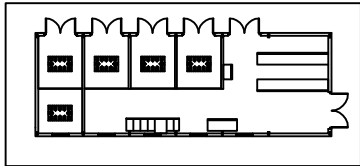
PLANTA 1º ARCHIVO +2.75m



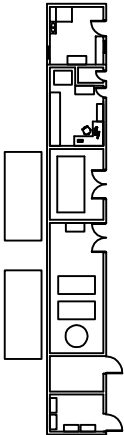
PLANTA 2º OFICINAS GENERALES +5.50




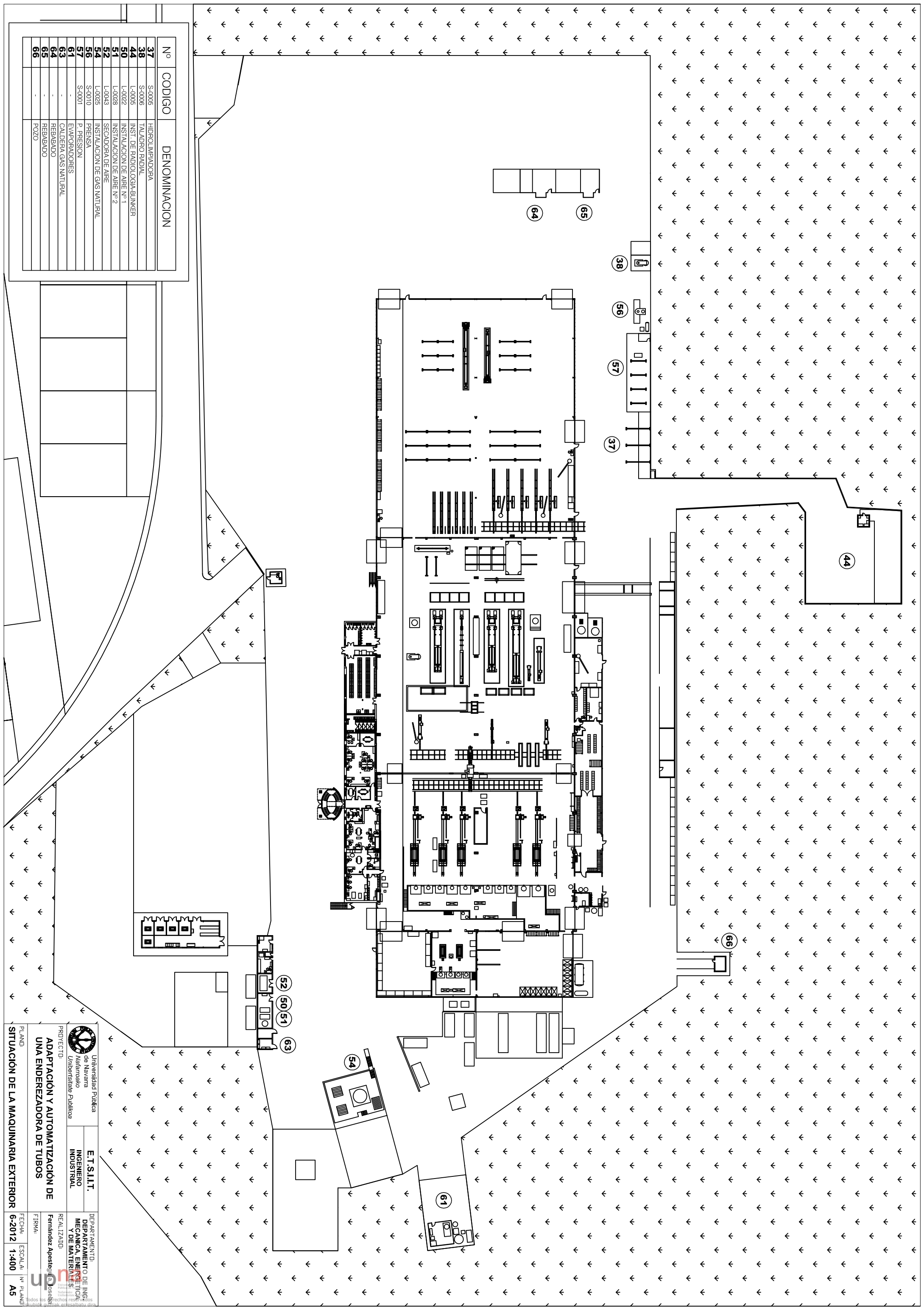
CENTRO DE TRANSFORMACION

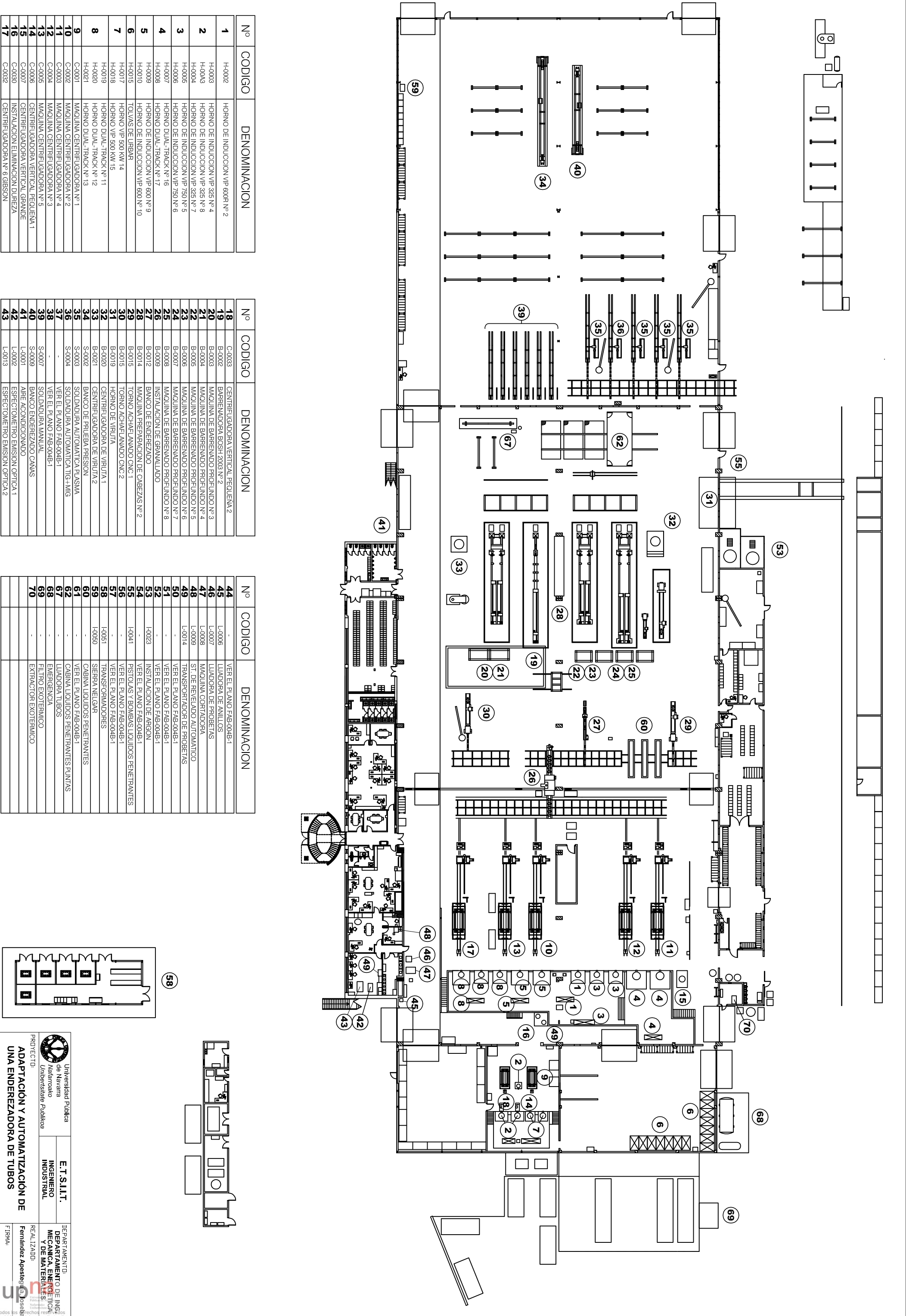


EDIFICIO INSTALACIONES AUXILIARES



 Universidad Pública de Navarra Universitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: <b>ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS</b>		DEPARTAMENTO: <b>MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
REALIZADO: FERNÁNDEZ APOSTEQUER, Joseba		FIRMA:	
PLANO:		FECHA: 6-2012	
LAY OUT		ESCALA: 1:250	
		IN PLANO: A4	





Universidad Pública de Navarra

E.T.S.I.I.T.

PROYECTO:

ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS

FECHA:

6-2012

ESCALA:

1:250

PLANO:

A6

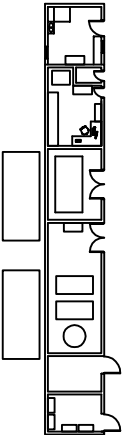
DEPARTAMENTO:

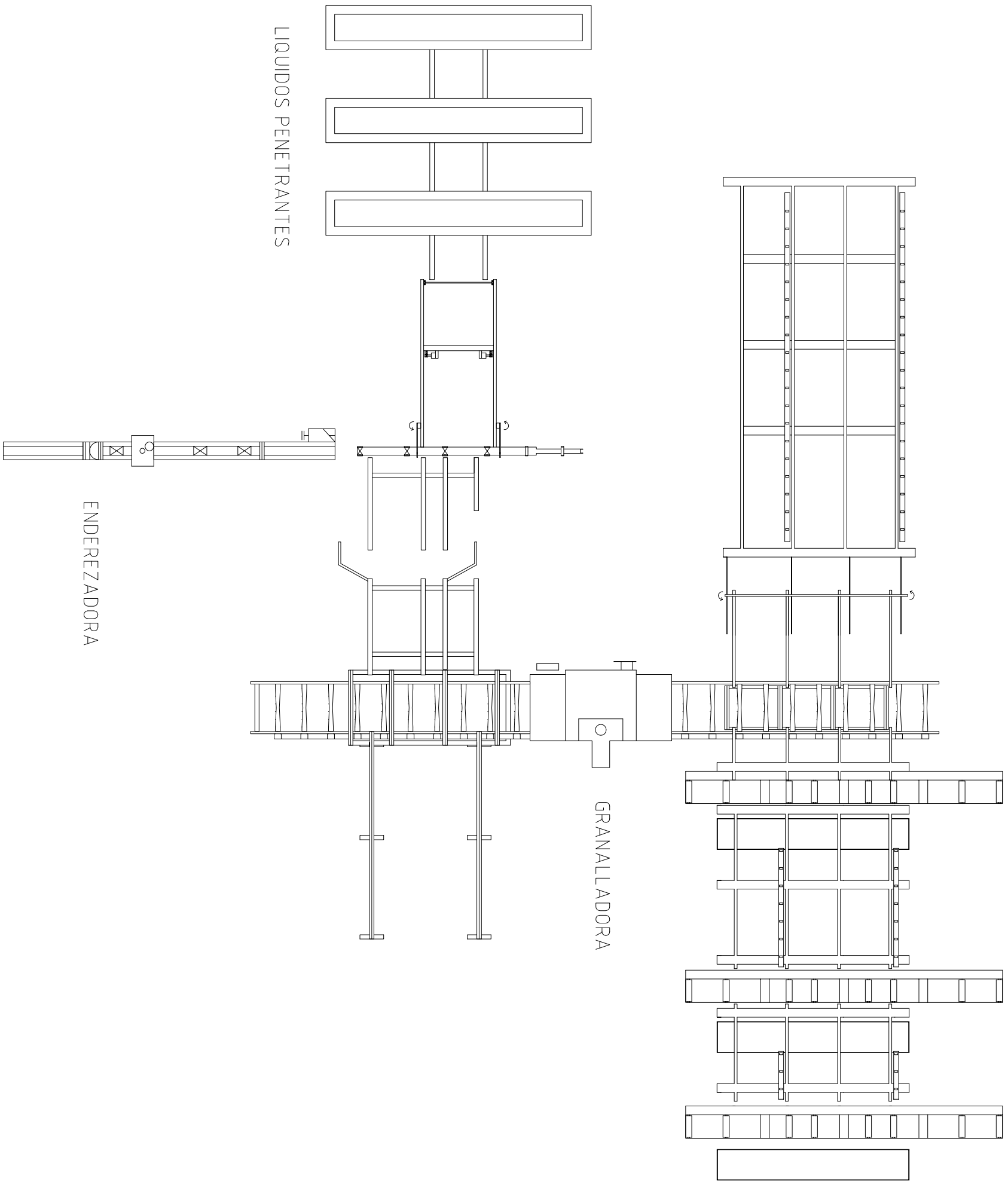
MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES



REALIZADO:

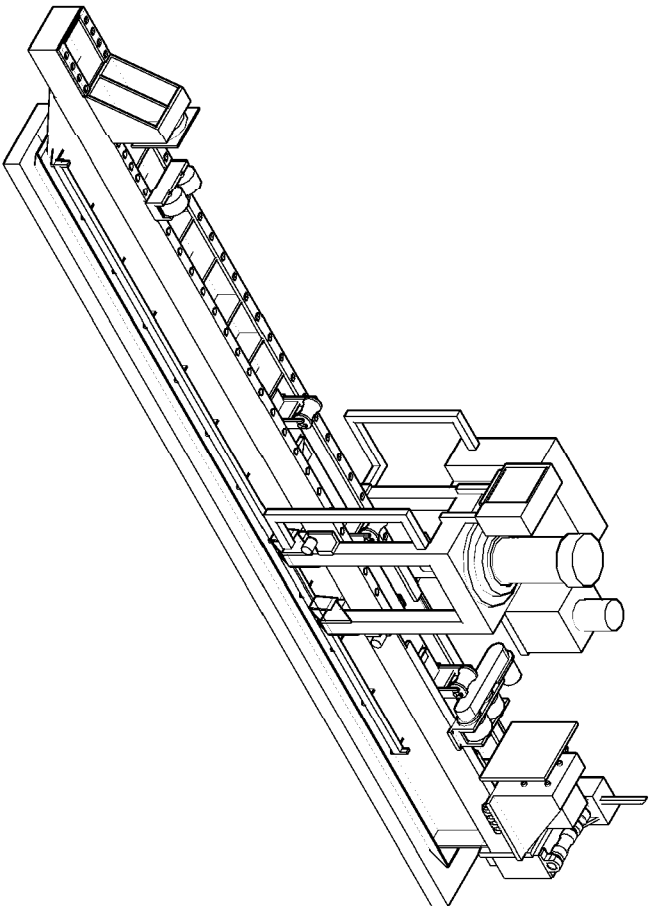
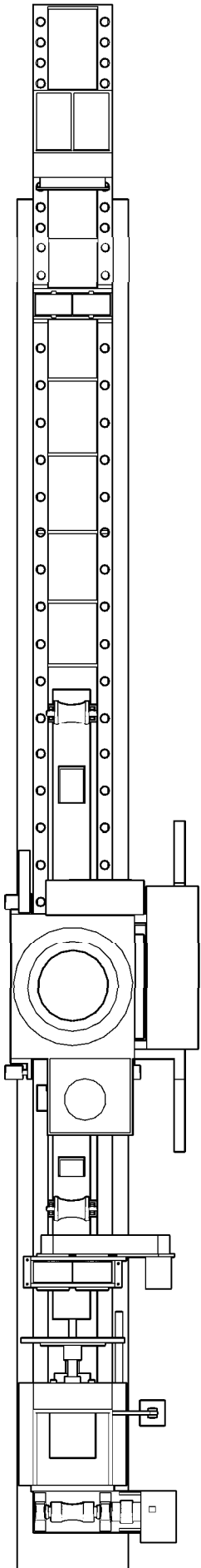
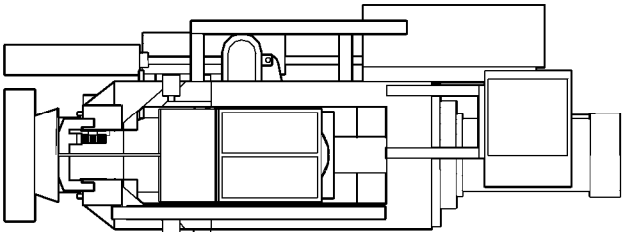
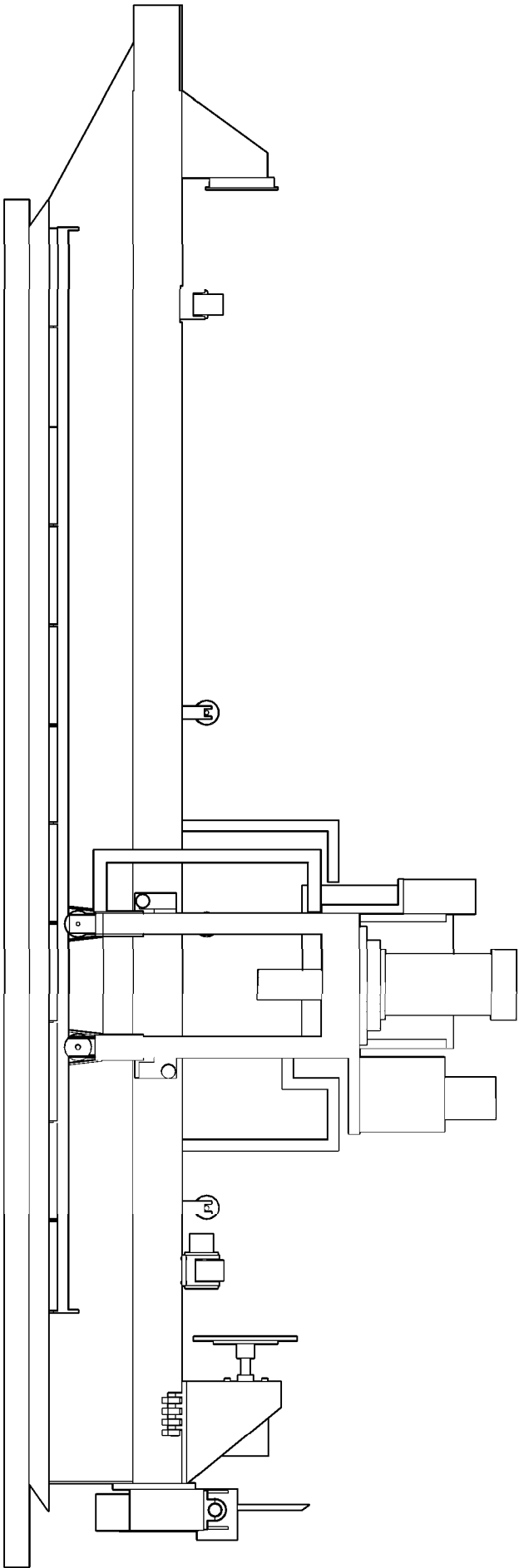
Fernández Apesteguía, Joseba



FIRMA:



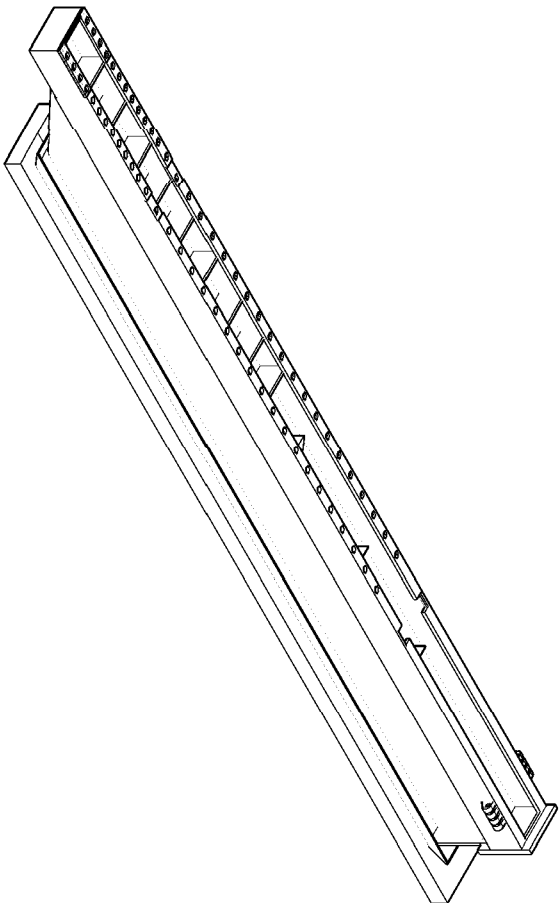
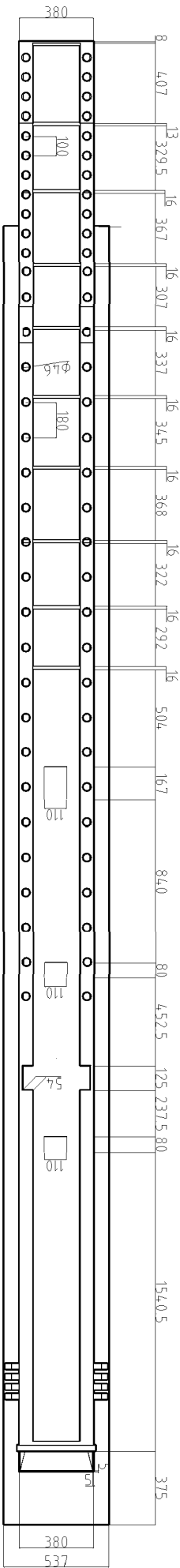
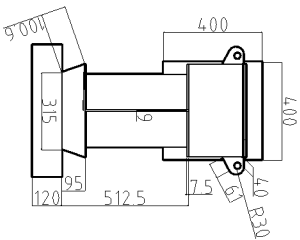
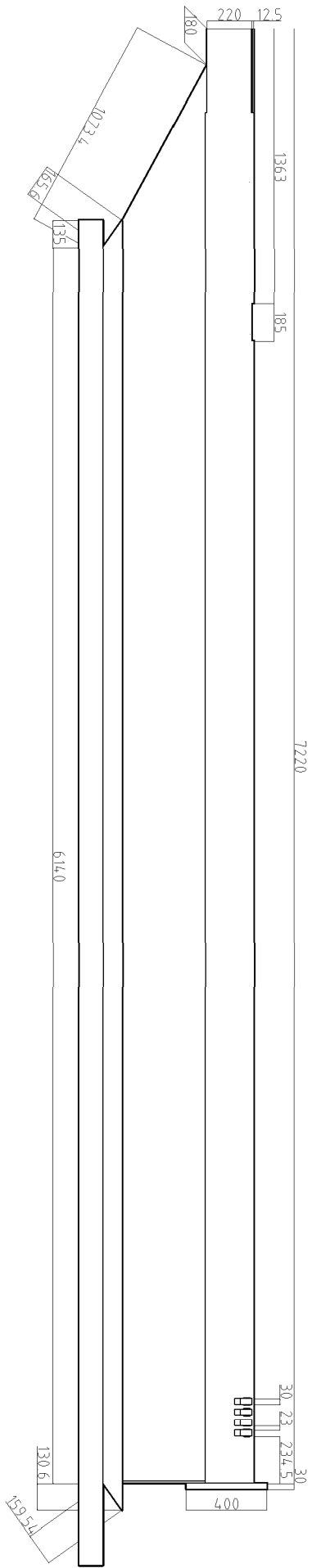


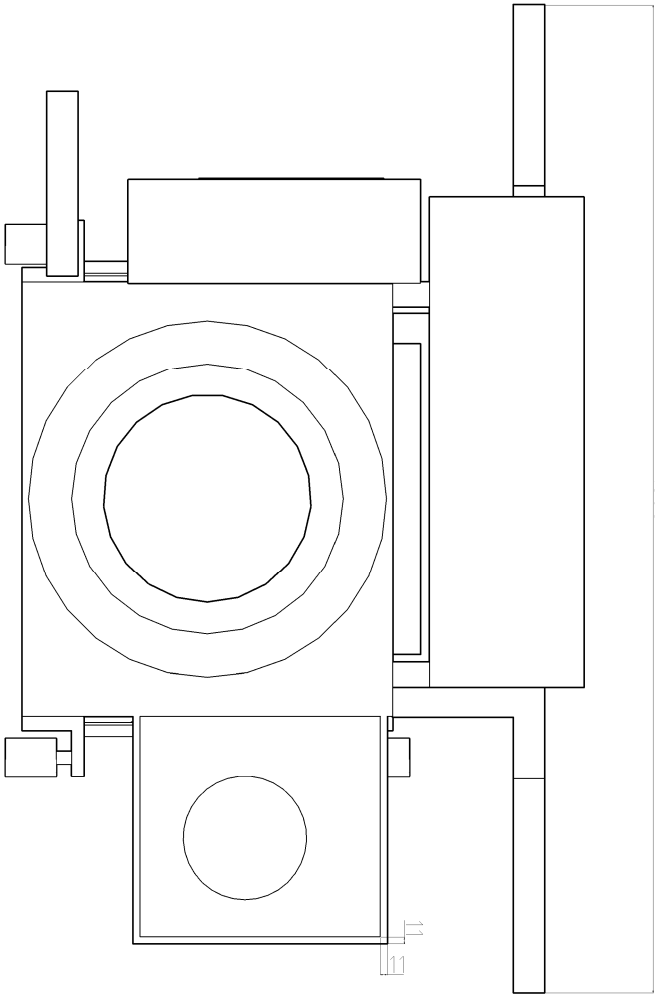
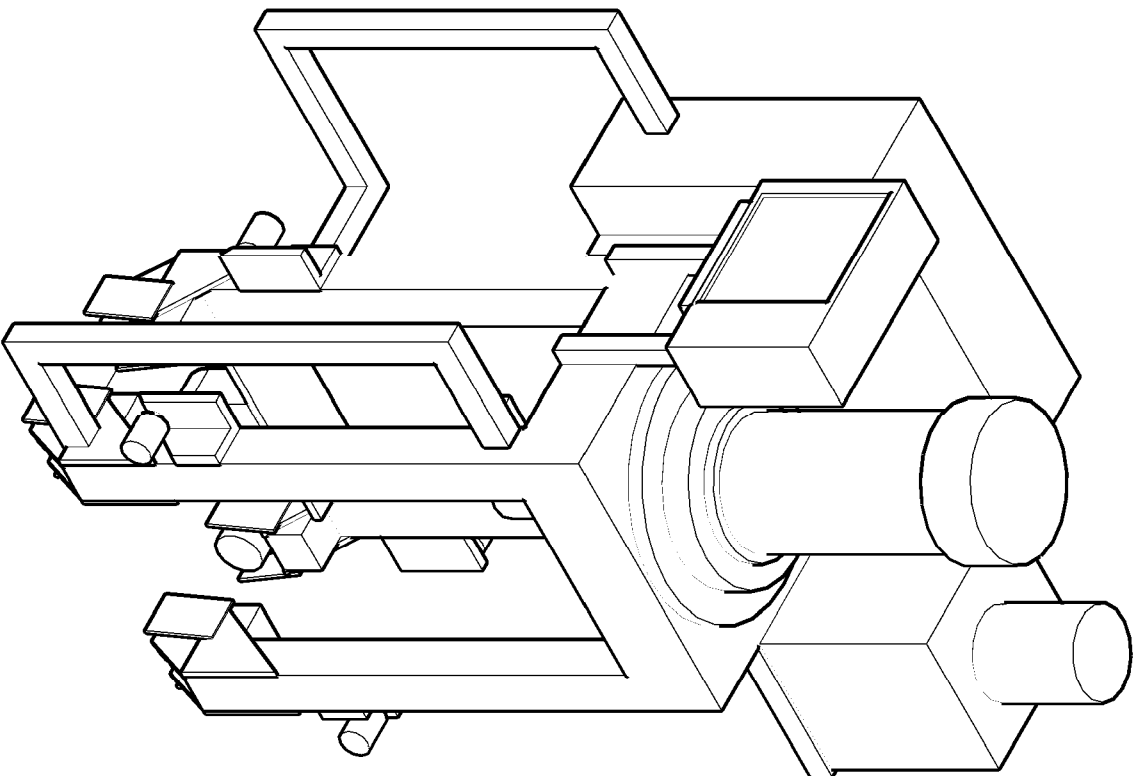
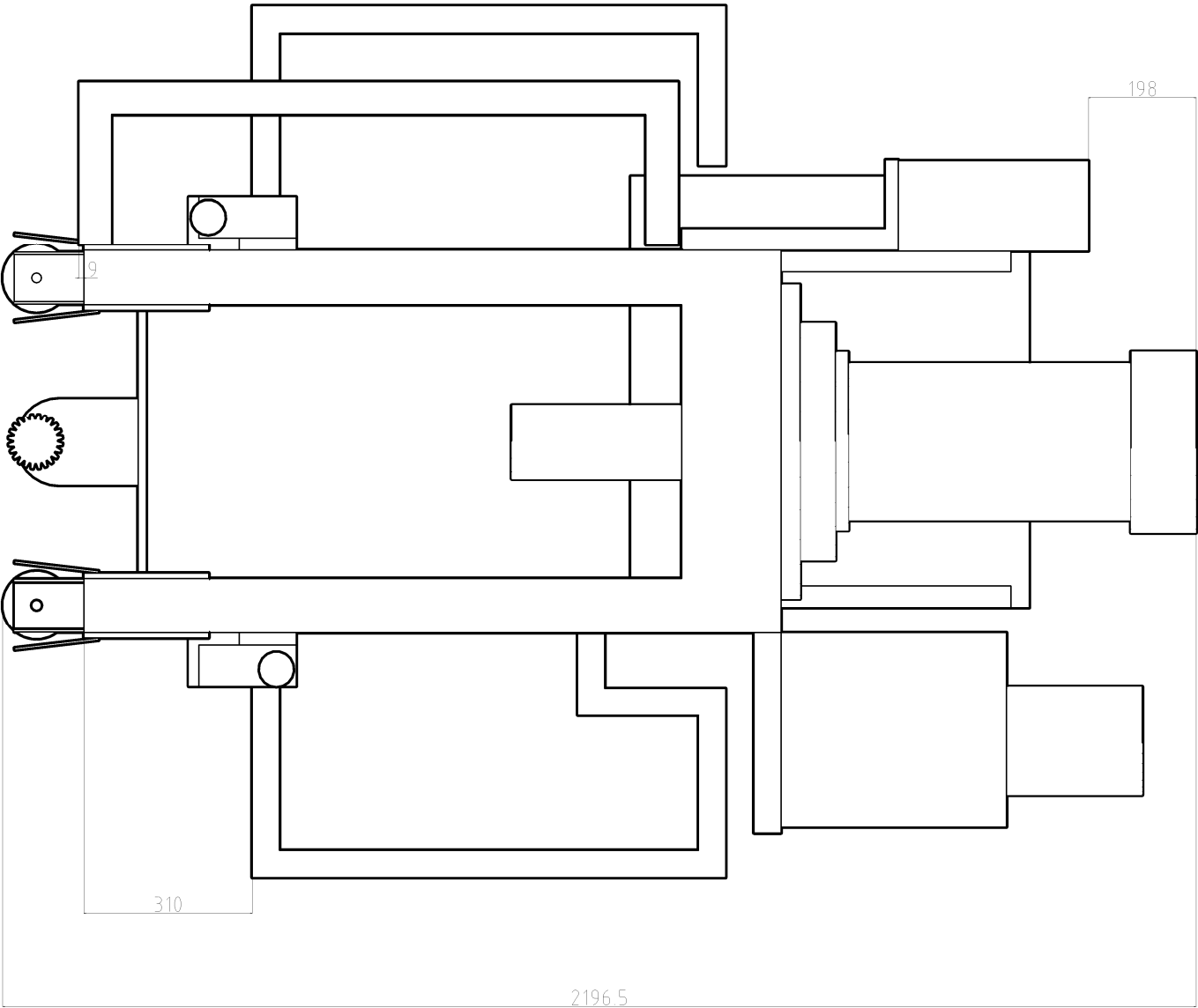
<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL</div></div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</div>	
<div>PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS</div>		<div>REALIZADO: Fernández Apesteguía, Joseba</div>		<div>FIRMA: </div>	
<div>PLANO: LAYOUT DE ENDEREZADO</div>		<div>FECHA: 6-2012</div>	<div>ESCALA: 1:100</div>	<div>Nº PLANO: A7</div>	



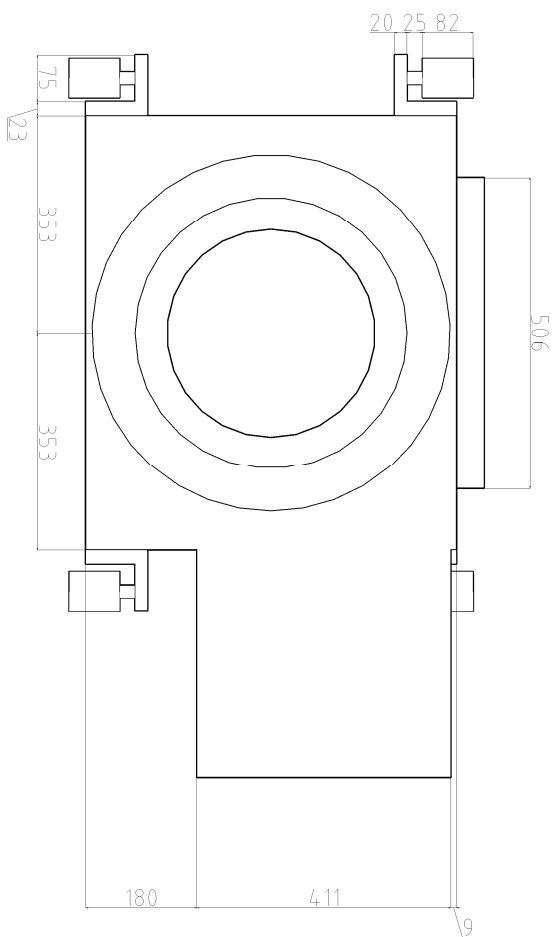
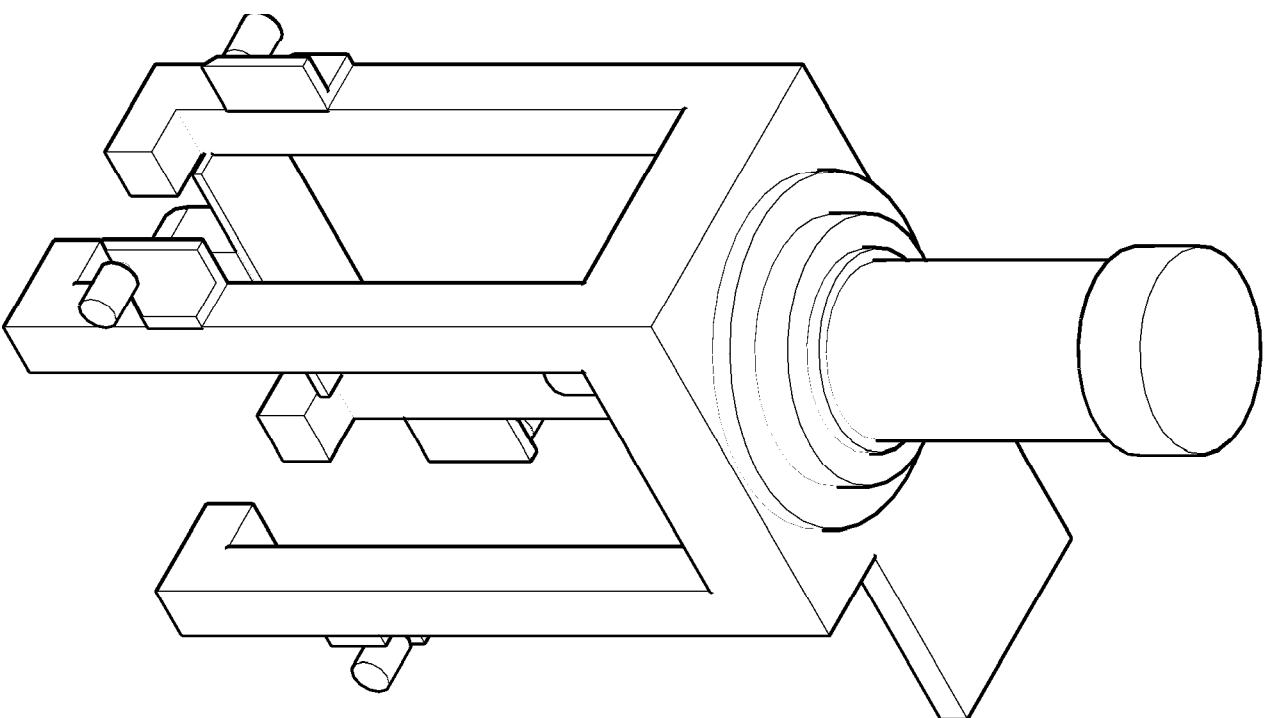
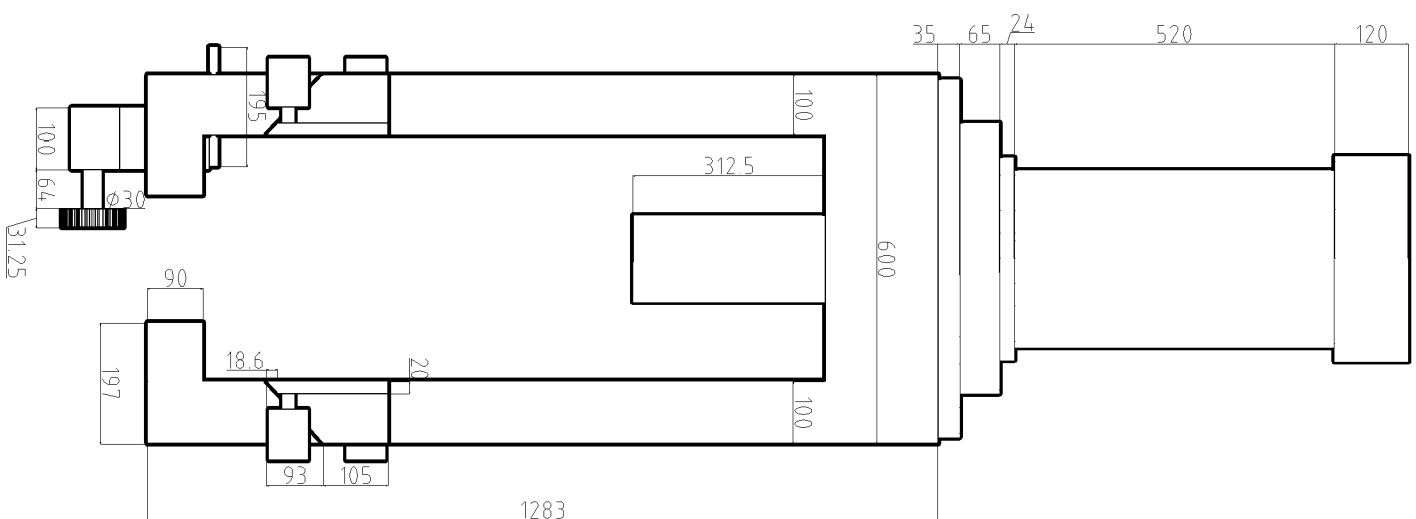
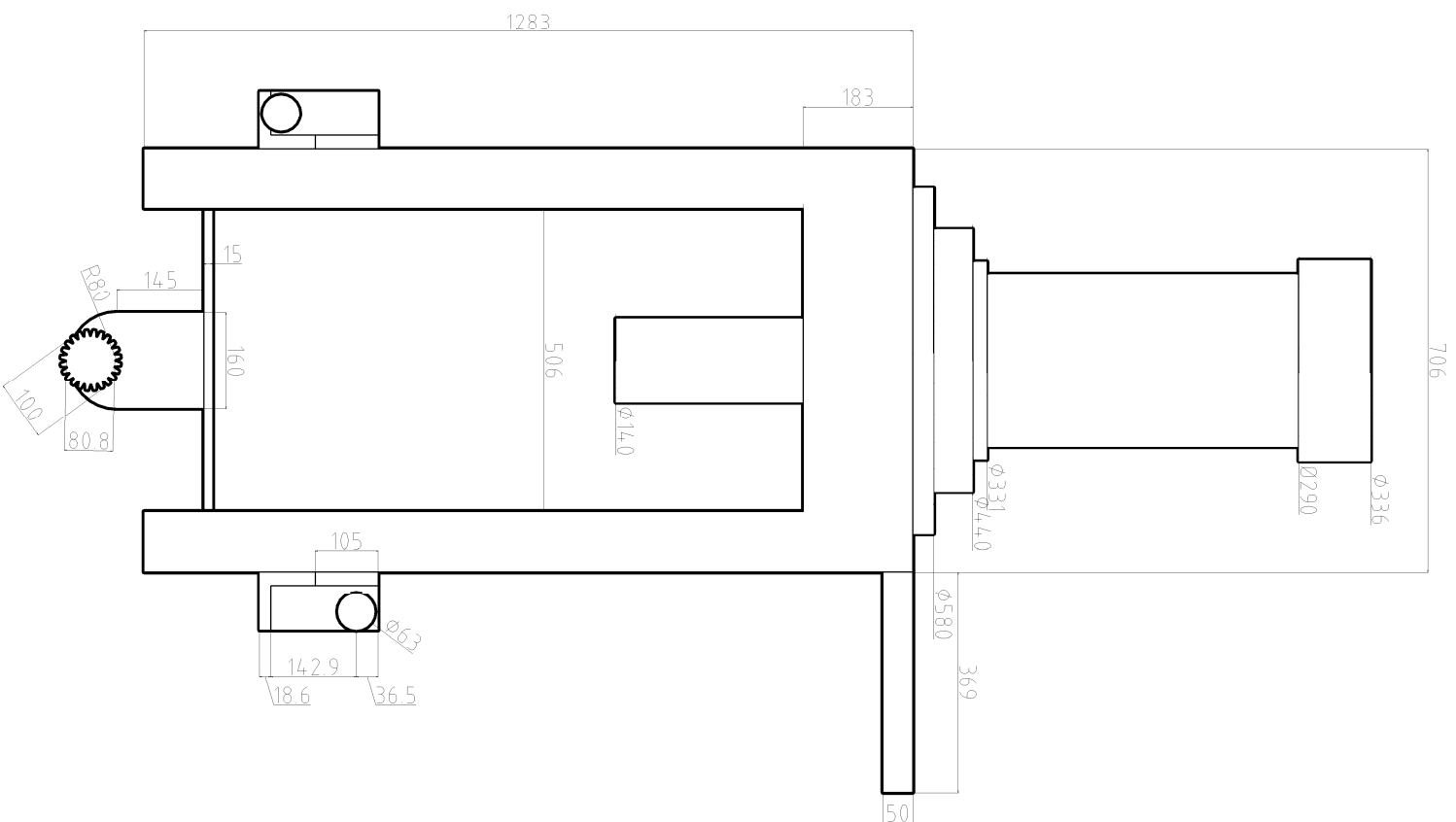
	Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL
PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS		DEPARTAMENTO: MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
REALIZADO: Fernández Apesteguía, Joseba		FIRMA:	
PLANO:	FECHA:	ESCALA:	IN PLANO:
ENDEREZADORA DE TUBOS	6-2012	1:50	A8.1


Edos irudiak erabiltzeko erabiltzailearen onarpena behar da. Erabiltzailearen onarpena behar da. Erabiltzailearen onarpena behar da.

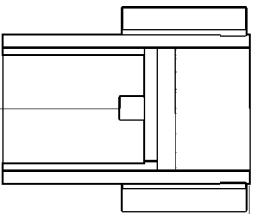
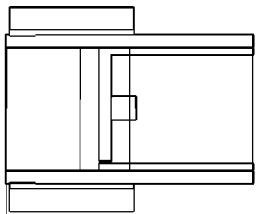
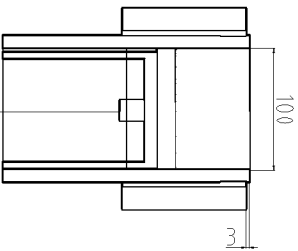
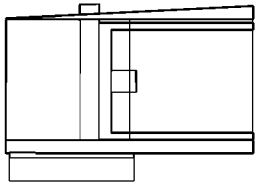
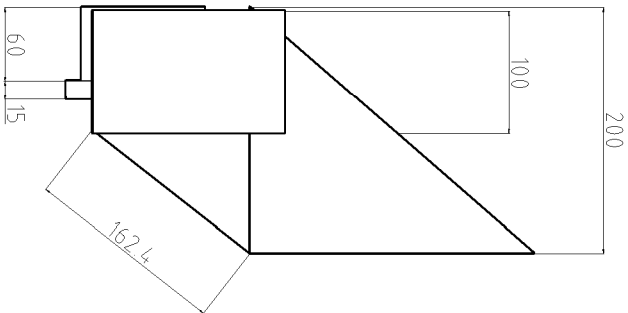
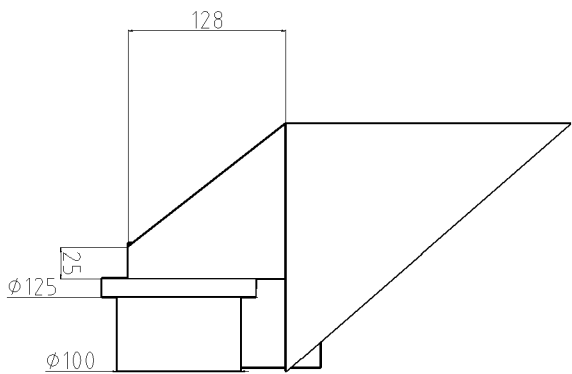
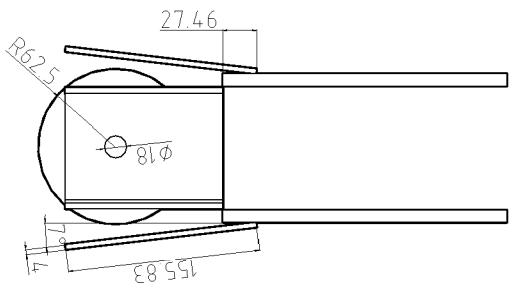
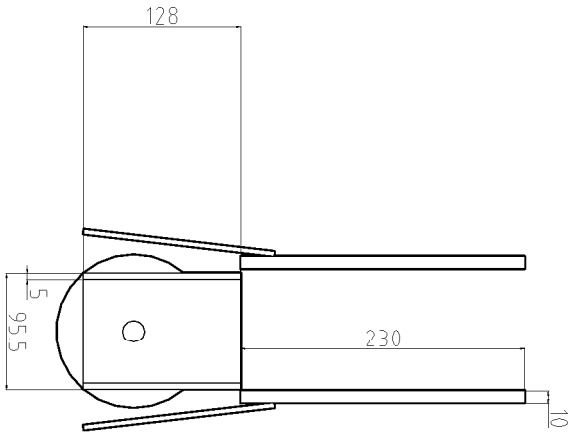




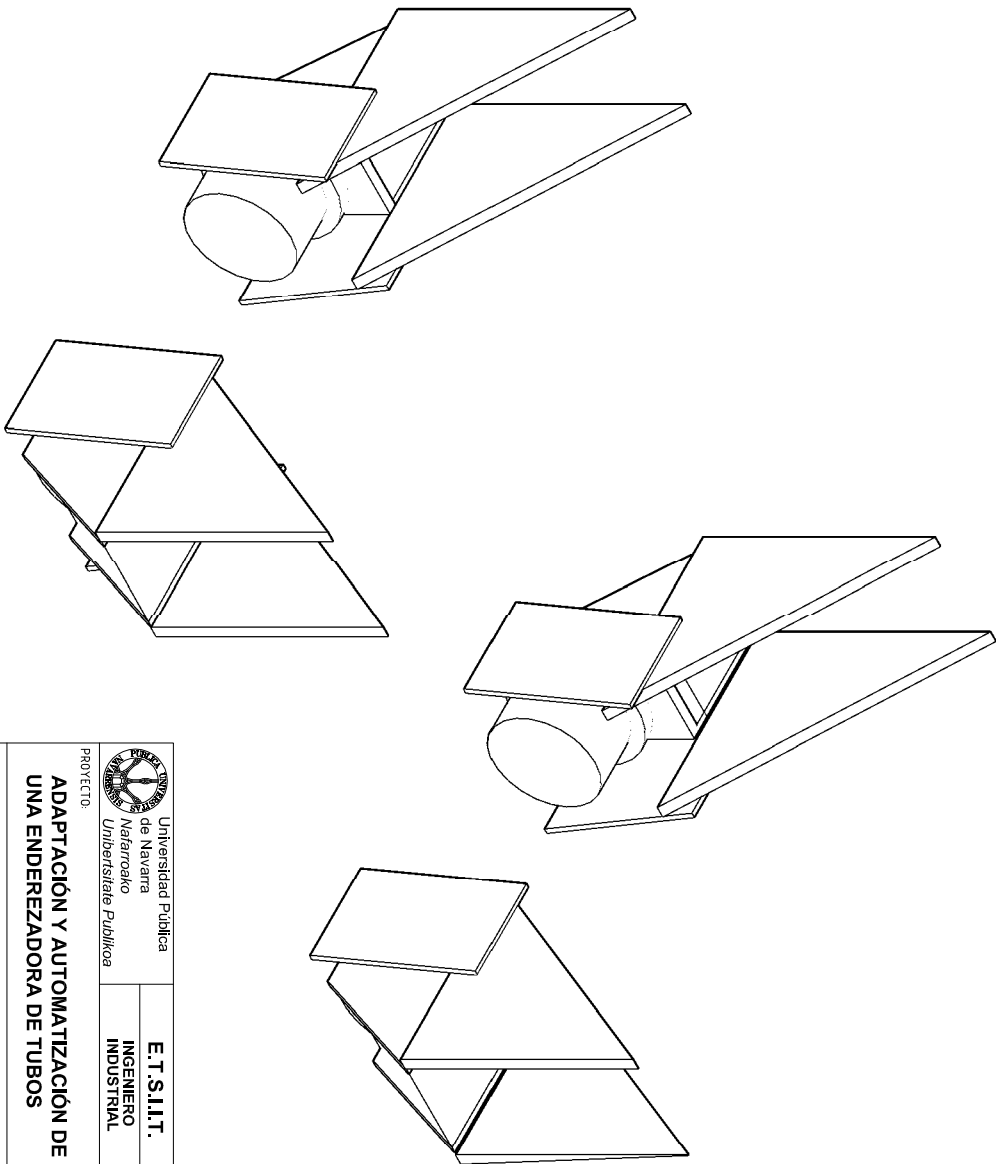




 Universidad Pública de Navarra Marroxo Universidade Pública	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES
	PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEZADORA DE TUBOS		
PLANO:	ESTRUCTURA		FECHA: 6-2012
	FIRMA: Fernández Apesteguía, Joseba		FECHA: 1:20
			FECHA: A8.3.1



603.5



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
INDUSTRIAL

PROYECTO:  
ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE  
UNA ENDERREZADORA DE TUBOS

DEPARTAMENTO:  
MECÁNICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

REALIZADO:  
FERNÁNDEZ APOSTEQUER, JOSEBA

FIRMA:

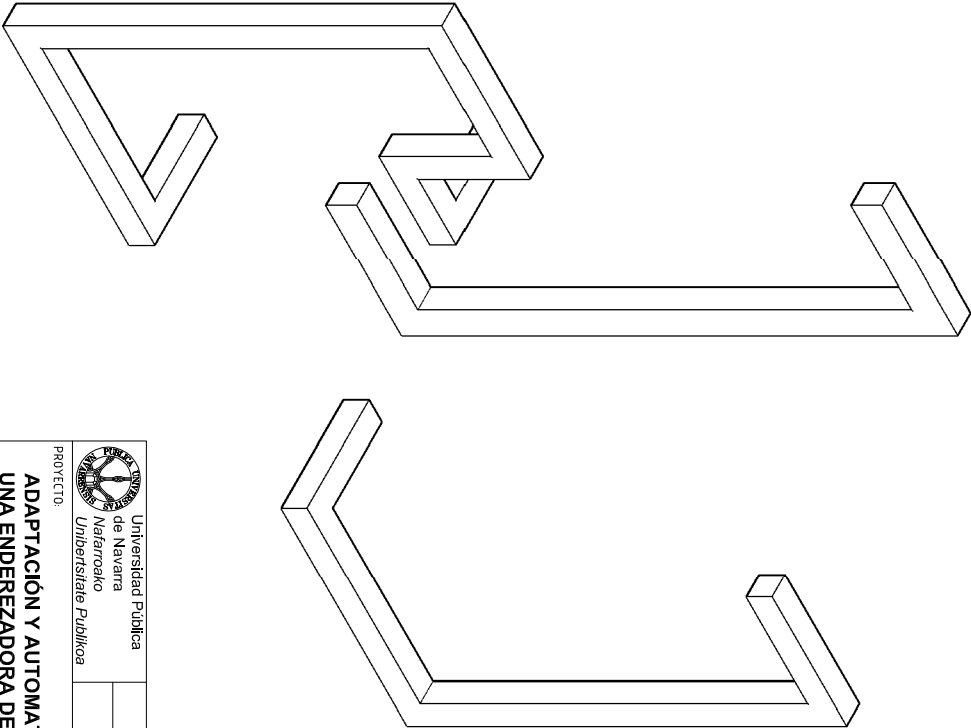
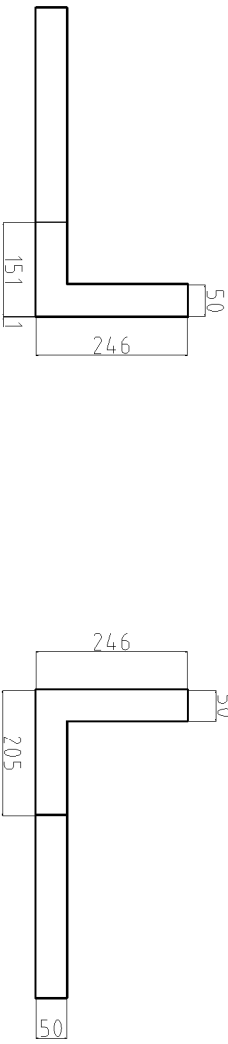
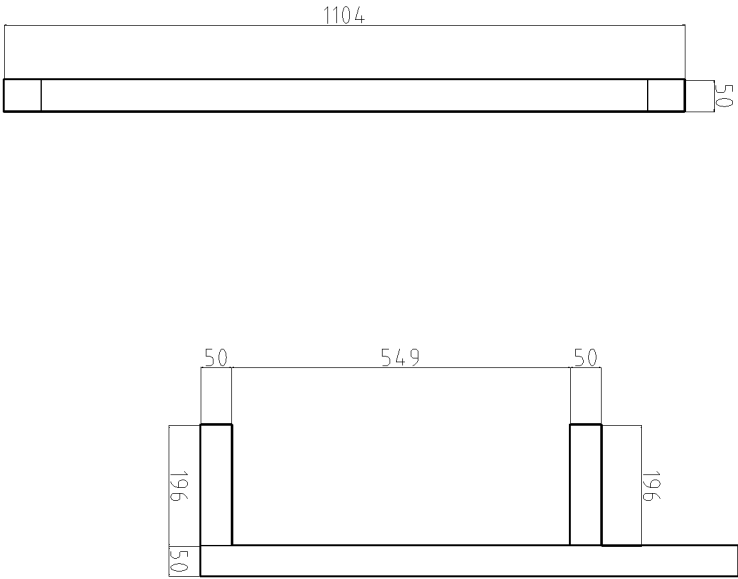
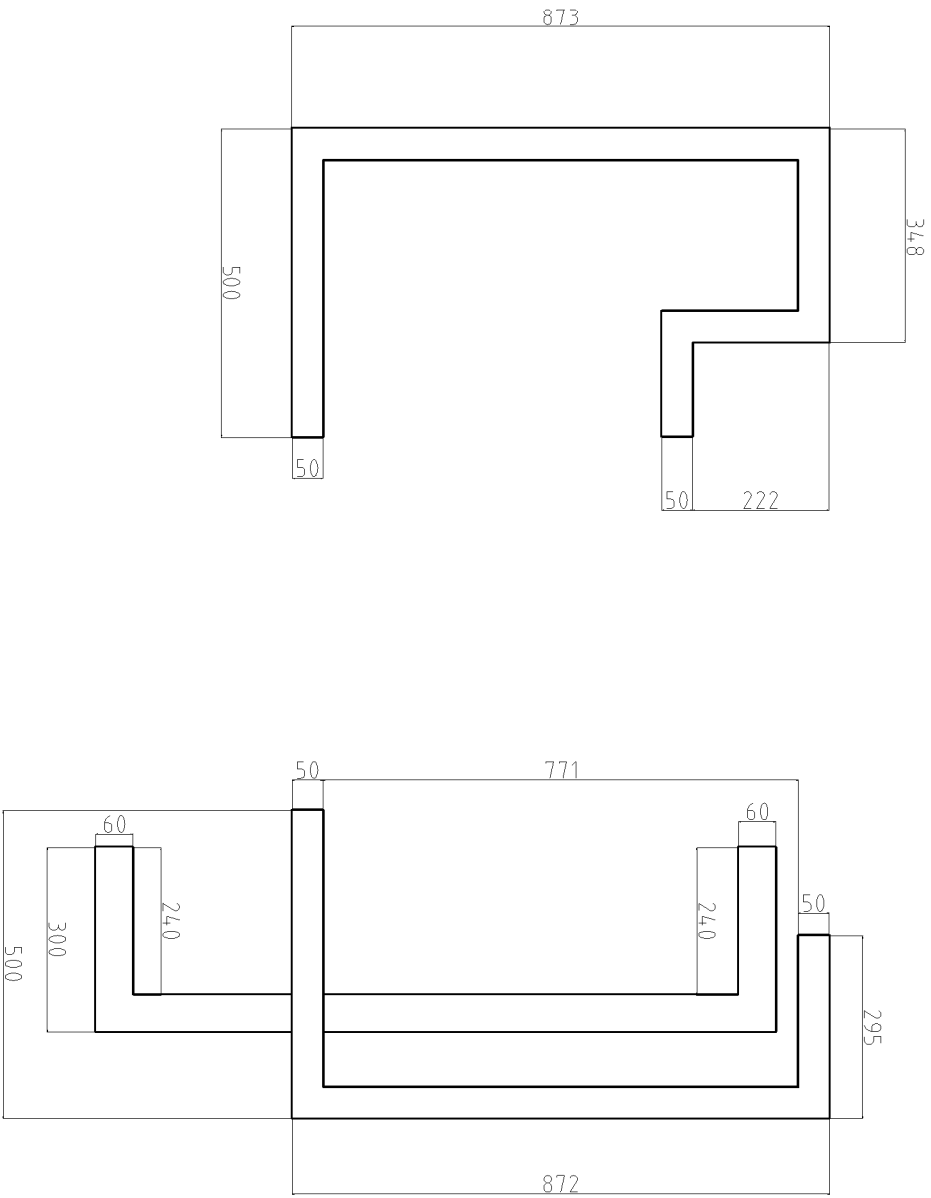
PLANO:  
RODILLOS INFERIORES



FECHA:  
6-2012

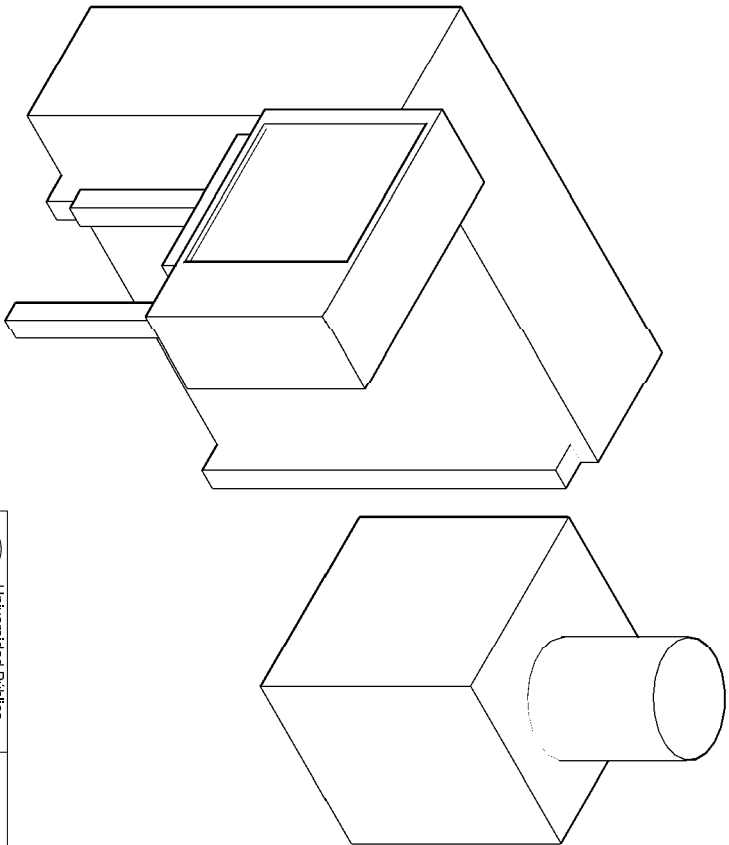
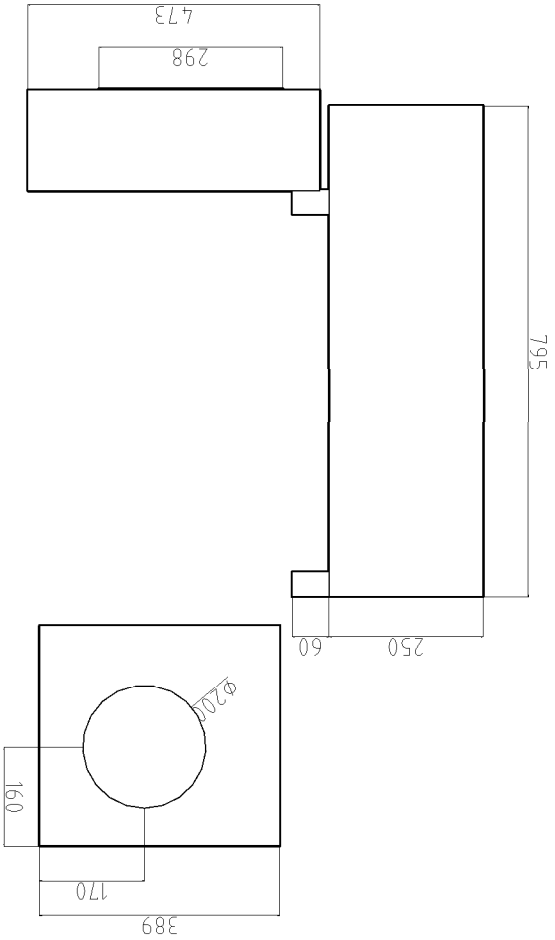
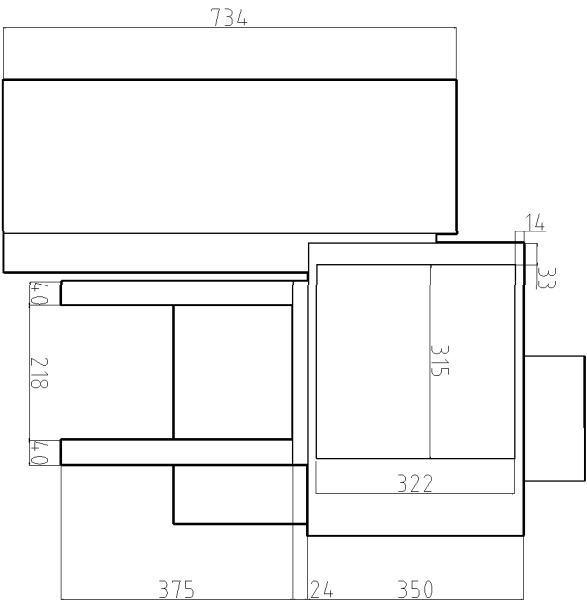
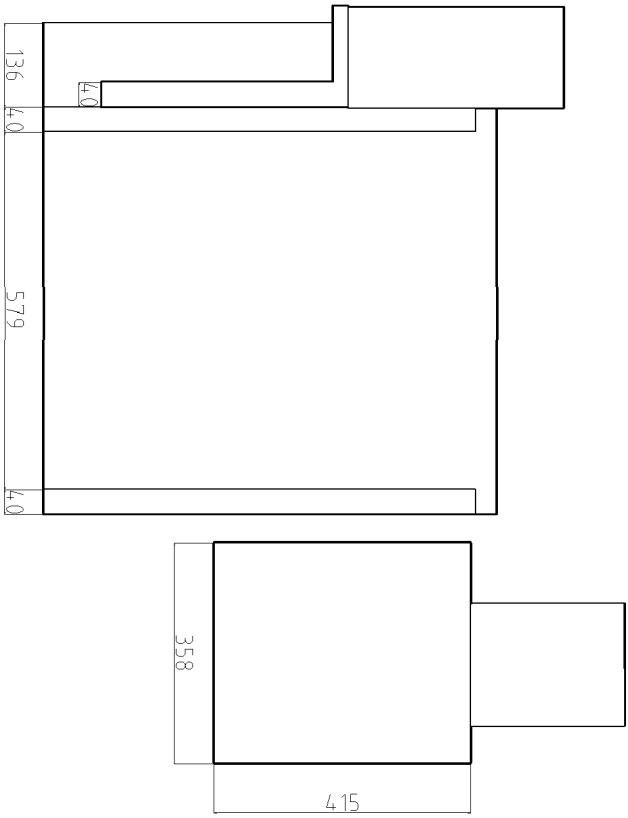
ESCALA:  
1:10

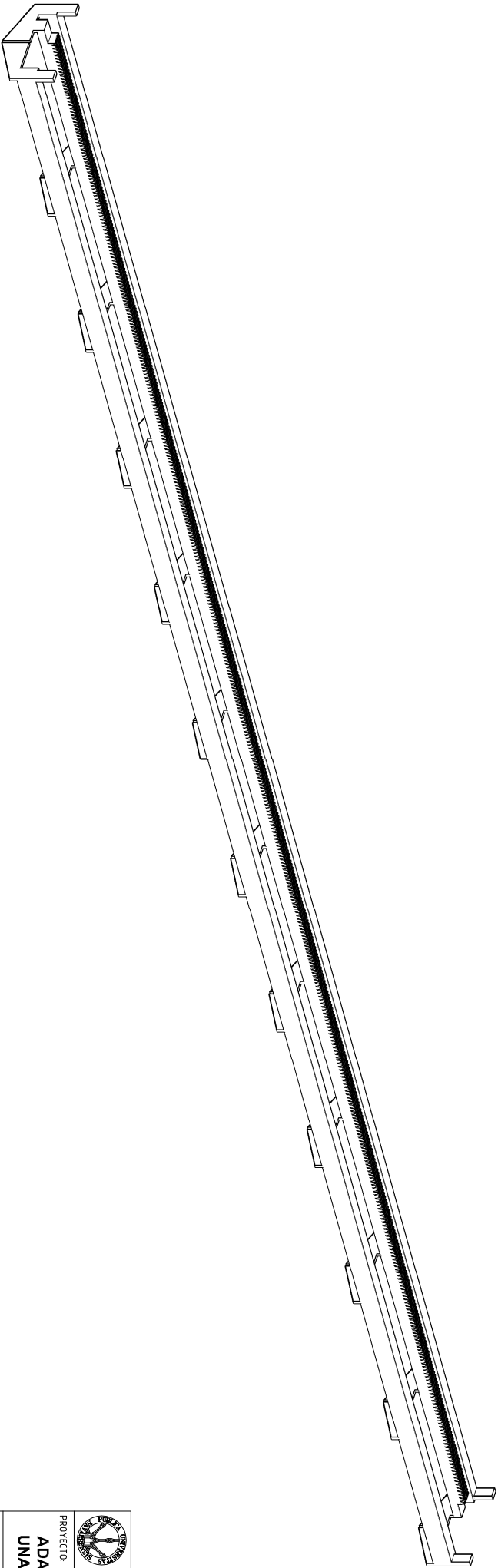
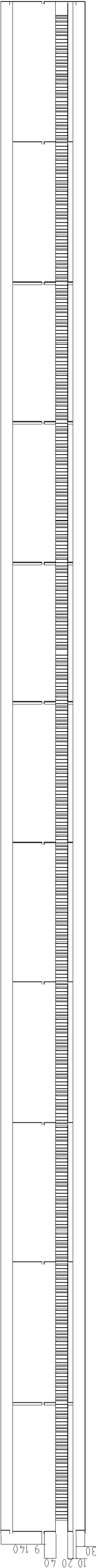
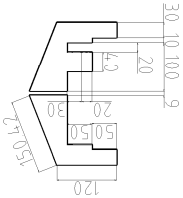
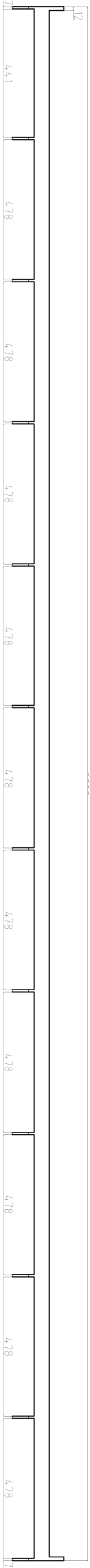
IN PLANO:  
A8.3.2



Todos los derechos reservados. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

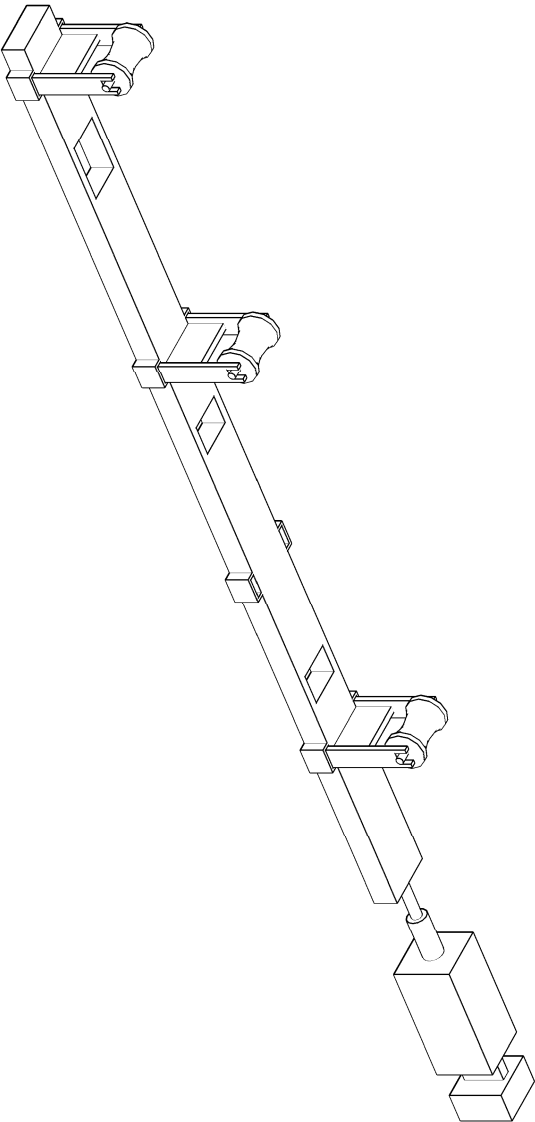
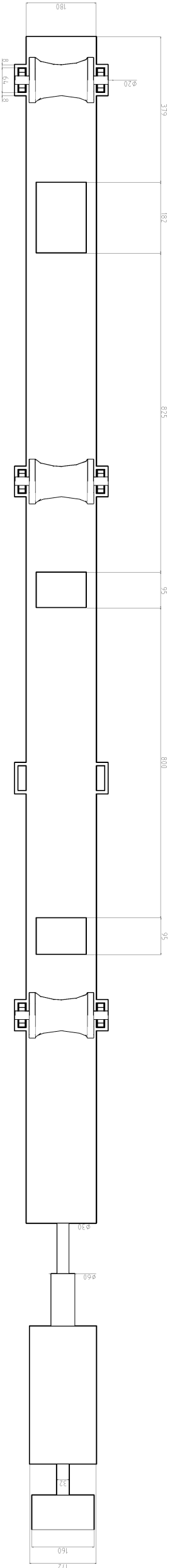
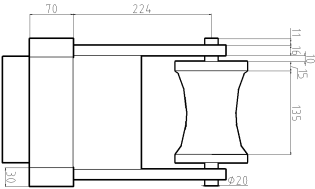
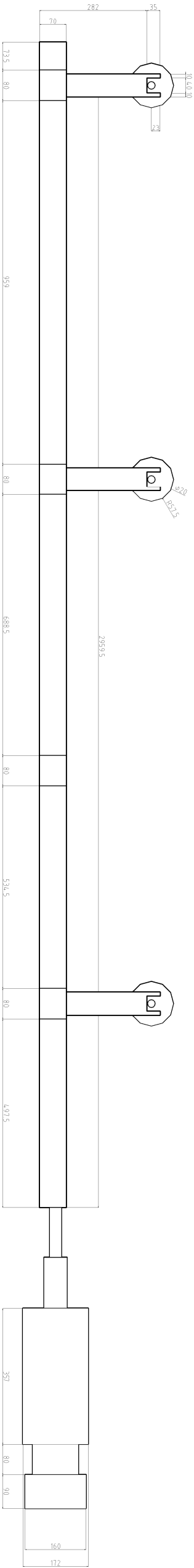


	Universidad Pública de Navarra Naturaleza Universitate Publica				DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
PROYECTO:			REALIZADO:		
ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDERREZADORA DE TUBOS			Fernández Apesqui, J. Joseba		
PLANO:			FIRMA:		
BARRERAS DE SEGURIDAD			FECHA:		
			6-2012		
			ESCALA:		
			1:20		
			IN PLANO:		
			A8.3.3		



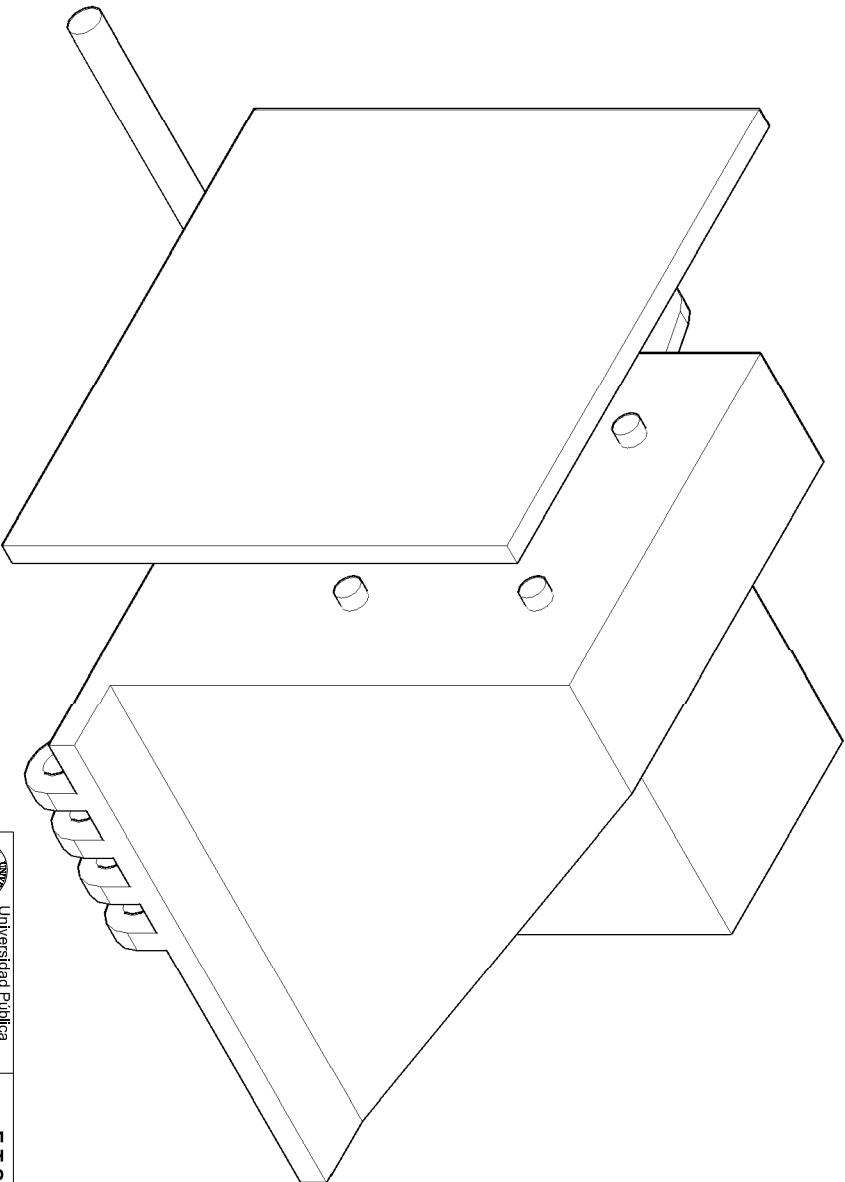
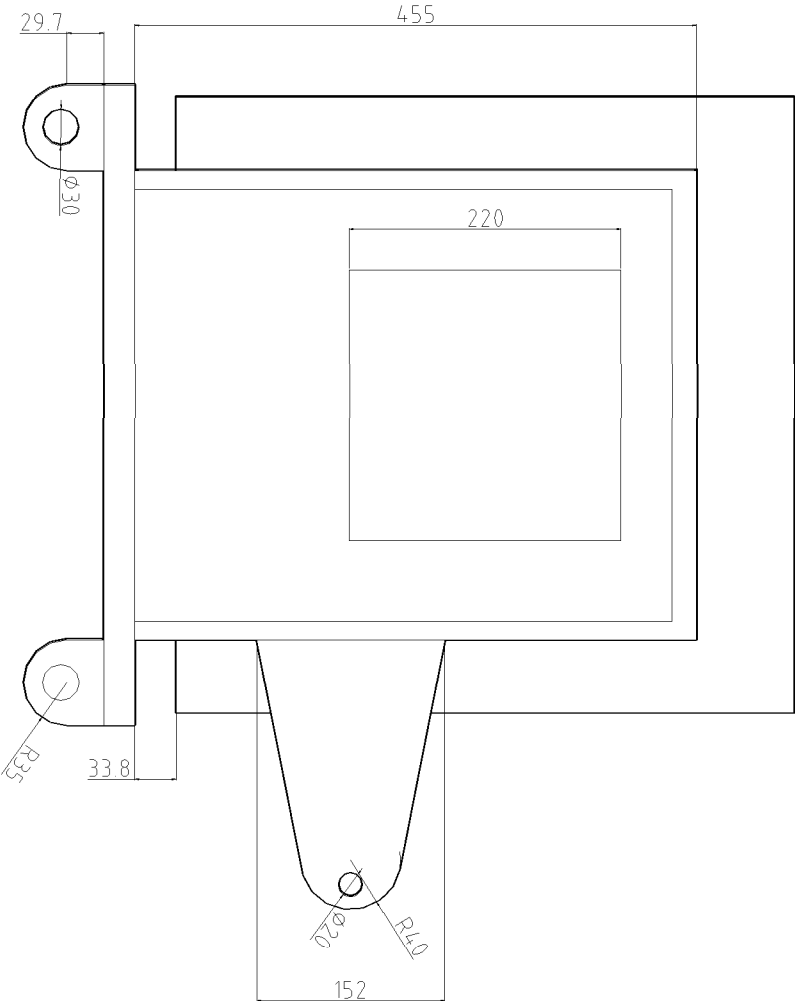
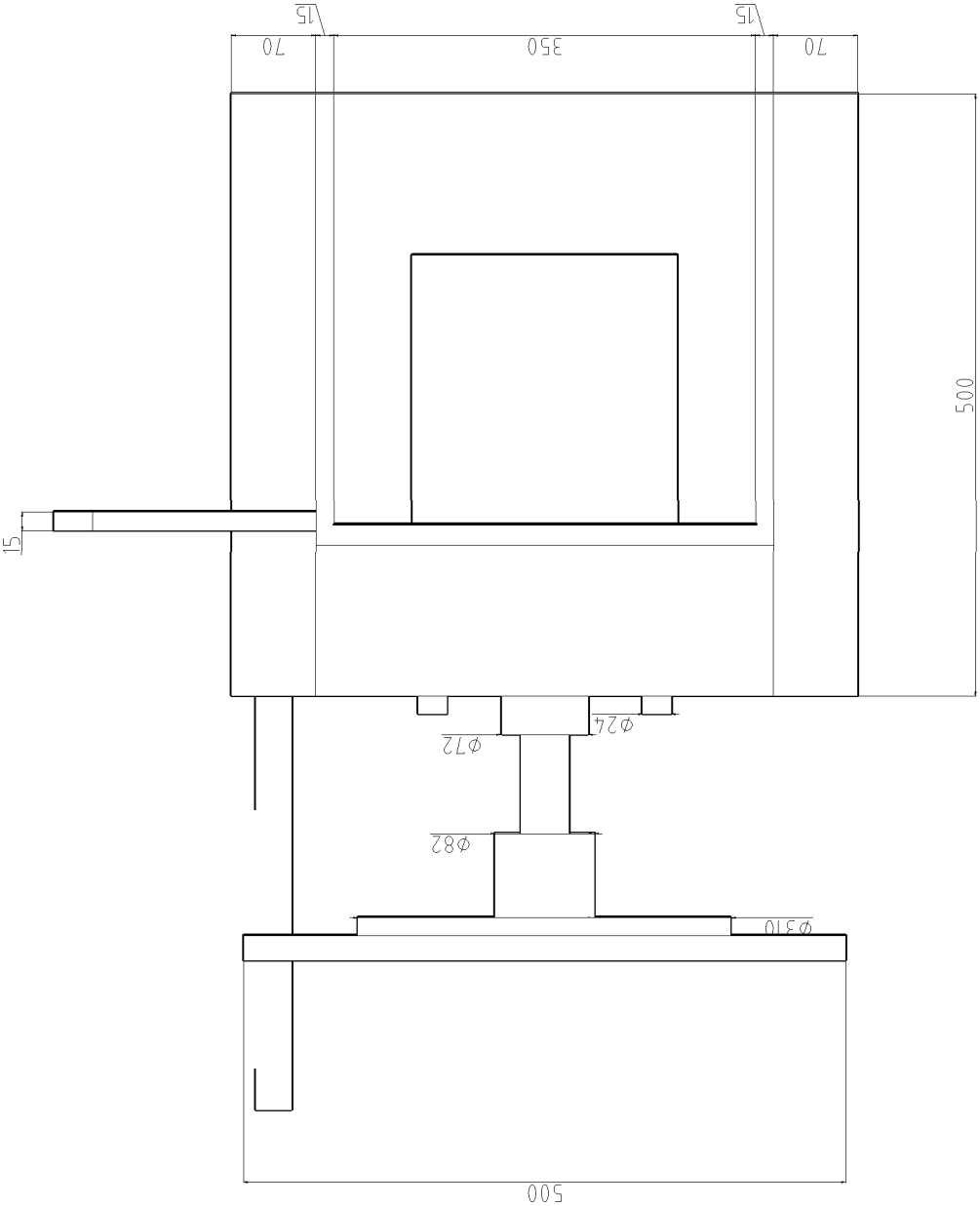
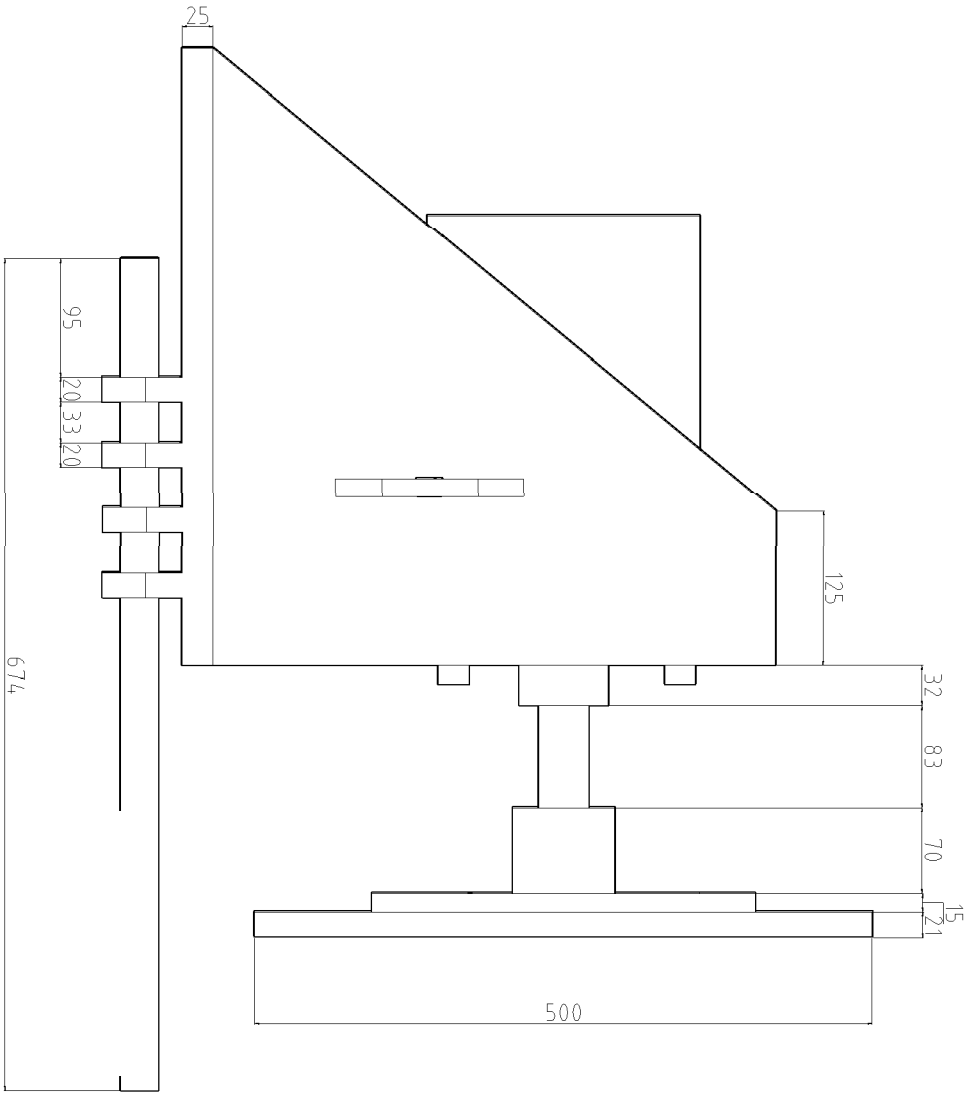



 Universidad Pública de Navarra Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: <b>ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREREZADORA DE TUBOS</b>		DEPARTAMENTO: <b>MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
REALIZADO: <b>Fernández Apesqui, J. Joseba</b>		FIRMA: 	
PLANO:	<b>RAILES</b>	FECHA: <b>6-2012</b>	ESCALA: <b>1:25</b>
		IN PLANO: <b>A8.4</b>	



UNIVERSIDAD PÙBLICA de Navarra Universitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	FECHA:	6-2012	ESCALA:	1:10	IN PLANO:	A8.5
				PROYECTO:	ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS				
				REALIZADO:	Fernández Apesteguía, Joseba				
				FIRMA:					

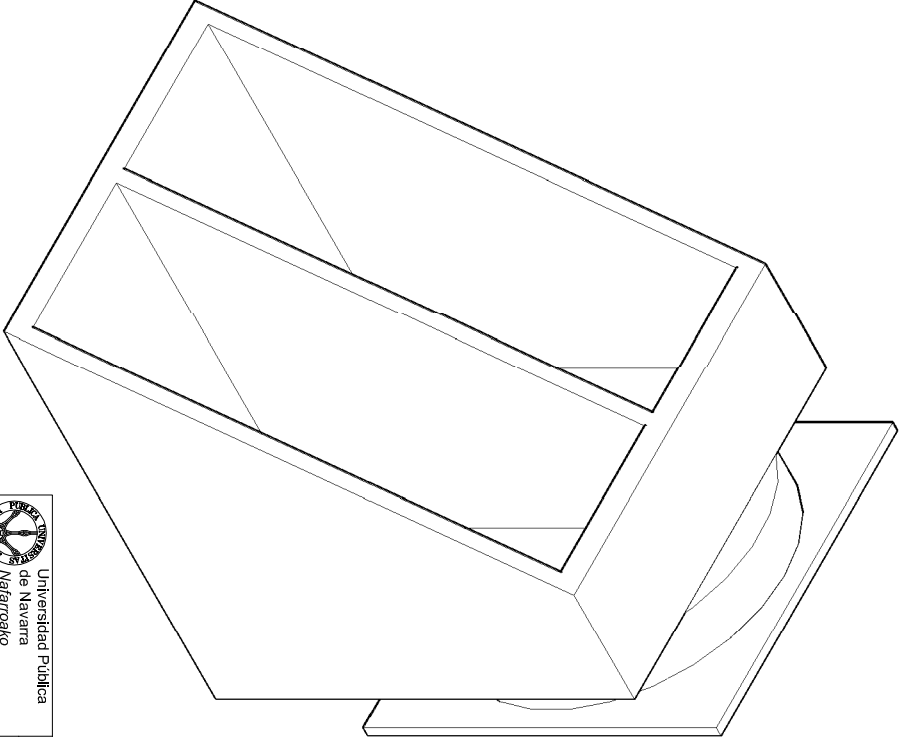
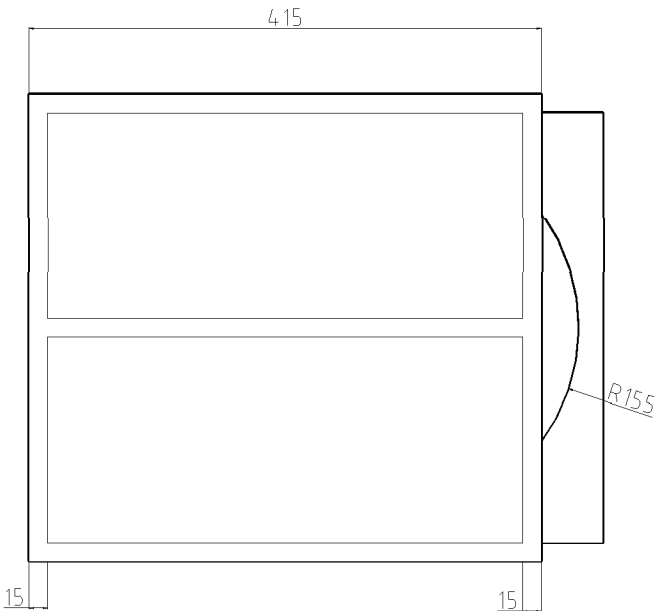
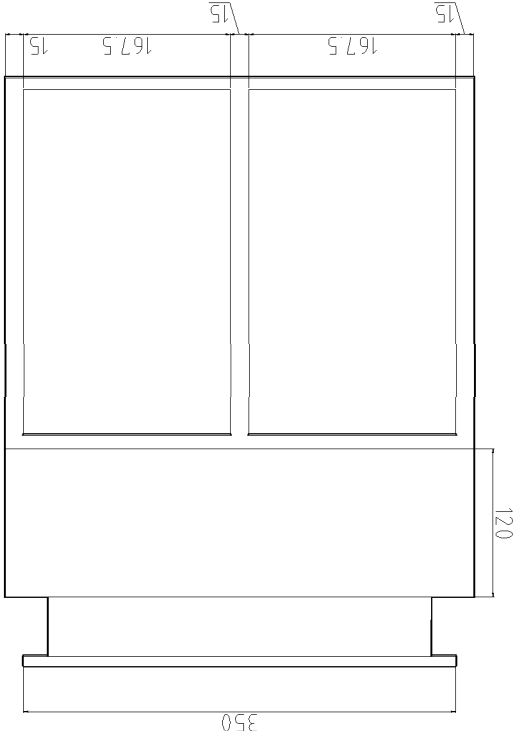
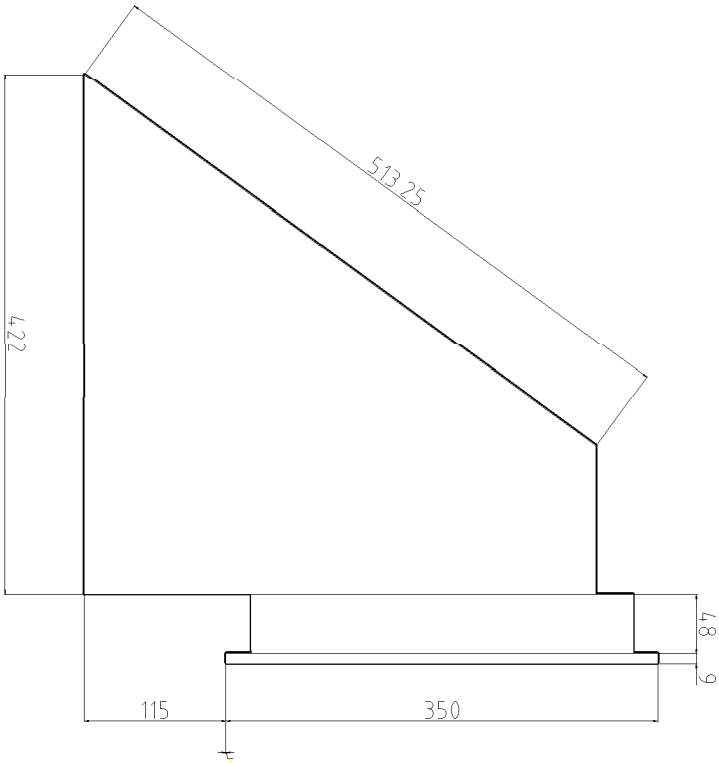
Todos los derechos reservados. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.




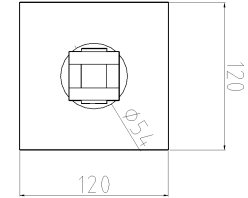
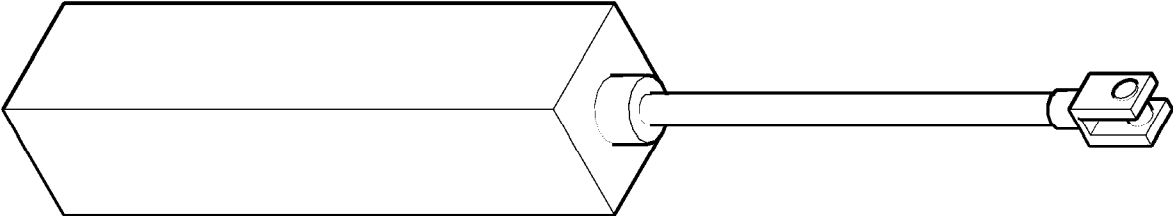
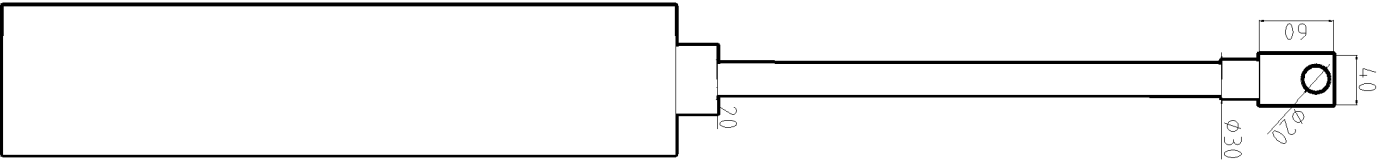
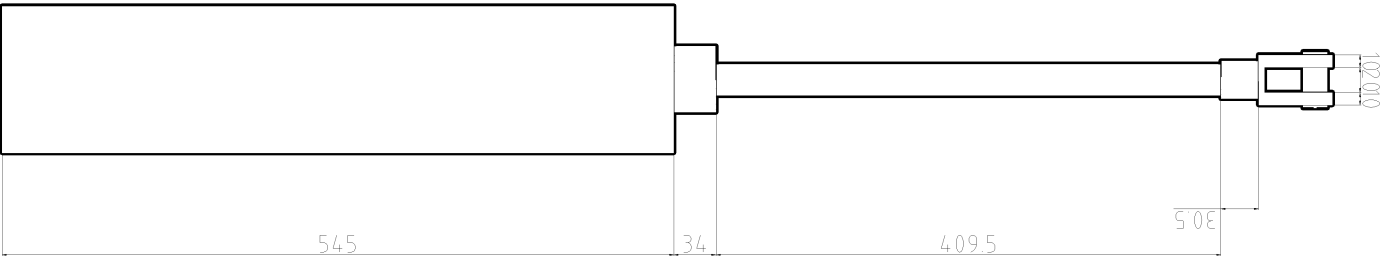
	Universidad Pública de Navarra Universitatea Publică de Navarra		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	
	PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS		DEPARTAMENTO: MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
REALIZADO: Fernández Apesqui, J. Joseba		FECHA: 6-2012		IN PLANO: A8.6
FIRMA:		ESCALA: 1:10		



Todos los derechos reservados. Eusubidatzen diren erreserbatu dira.

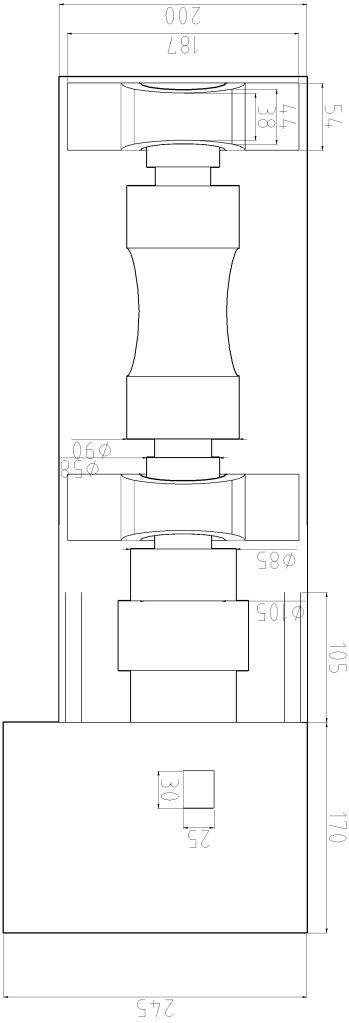
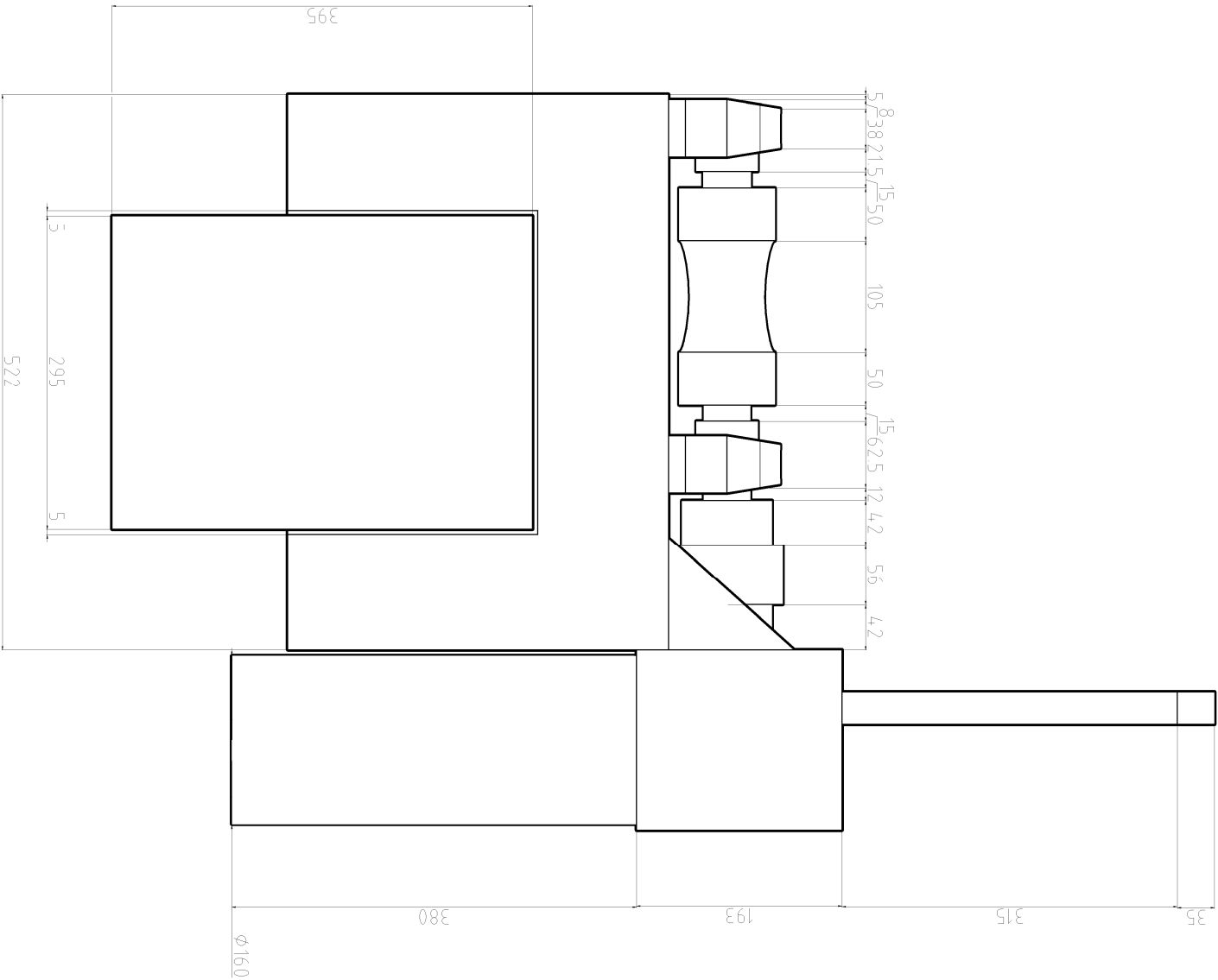
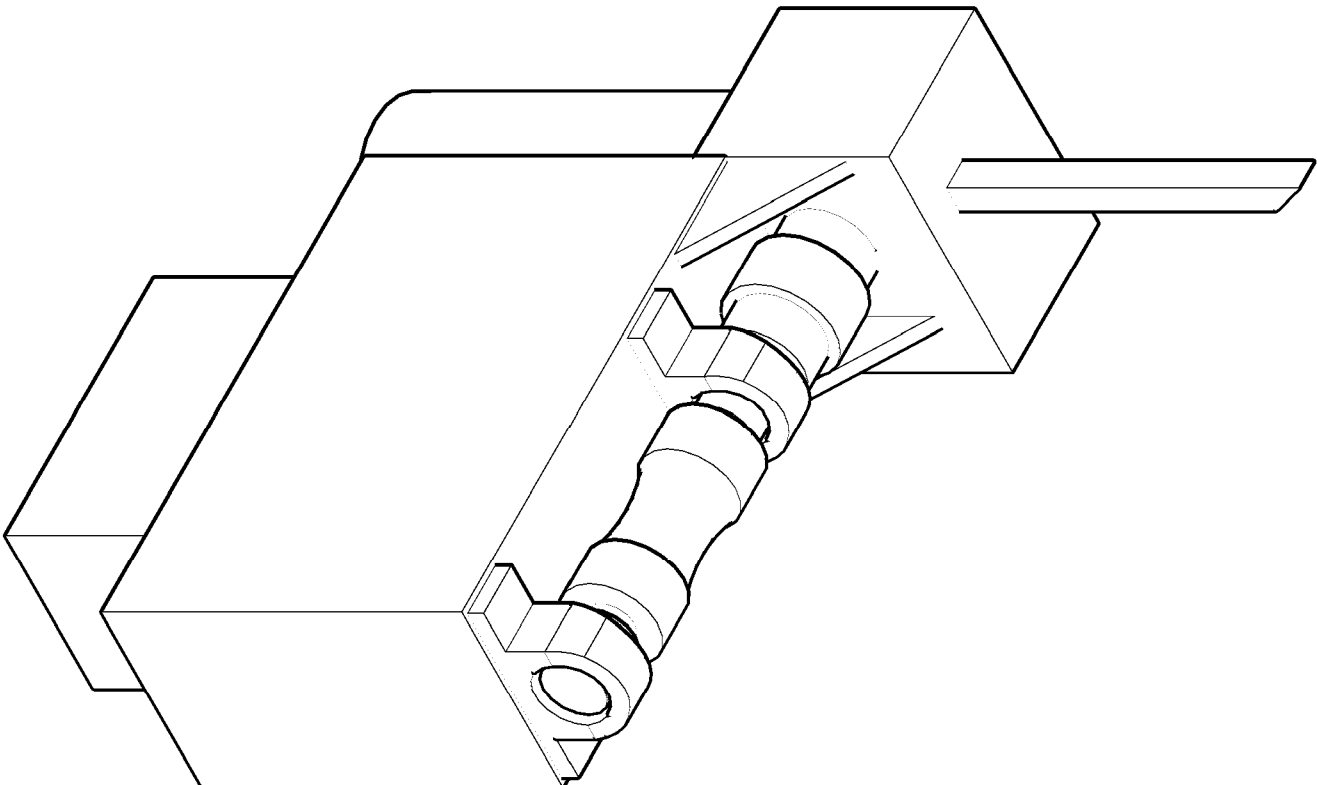
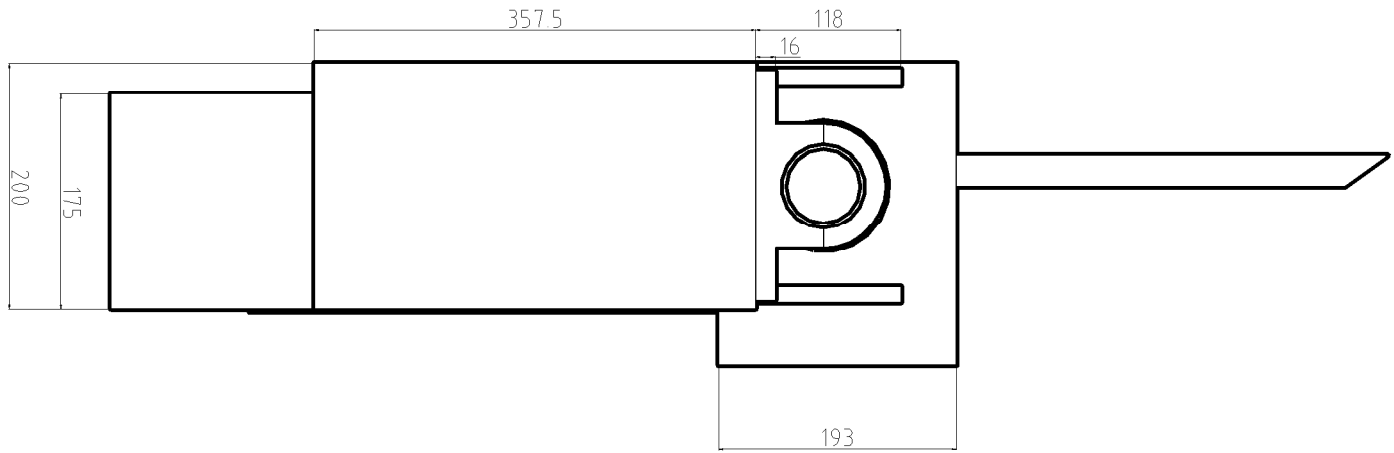


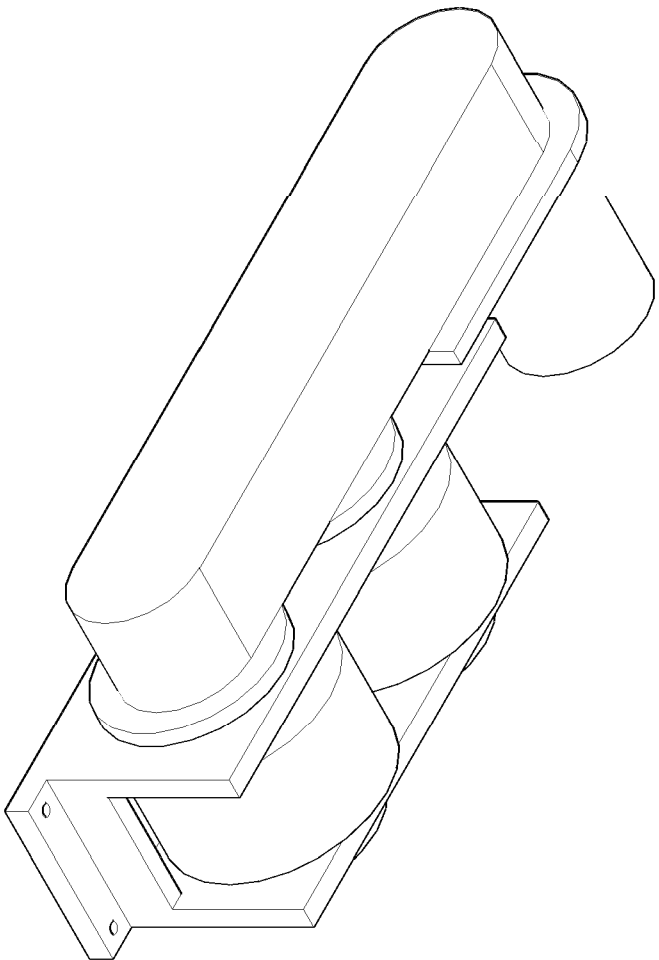
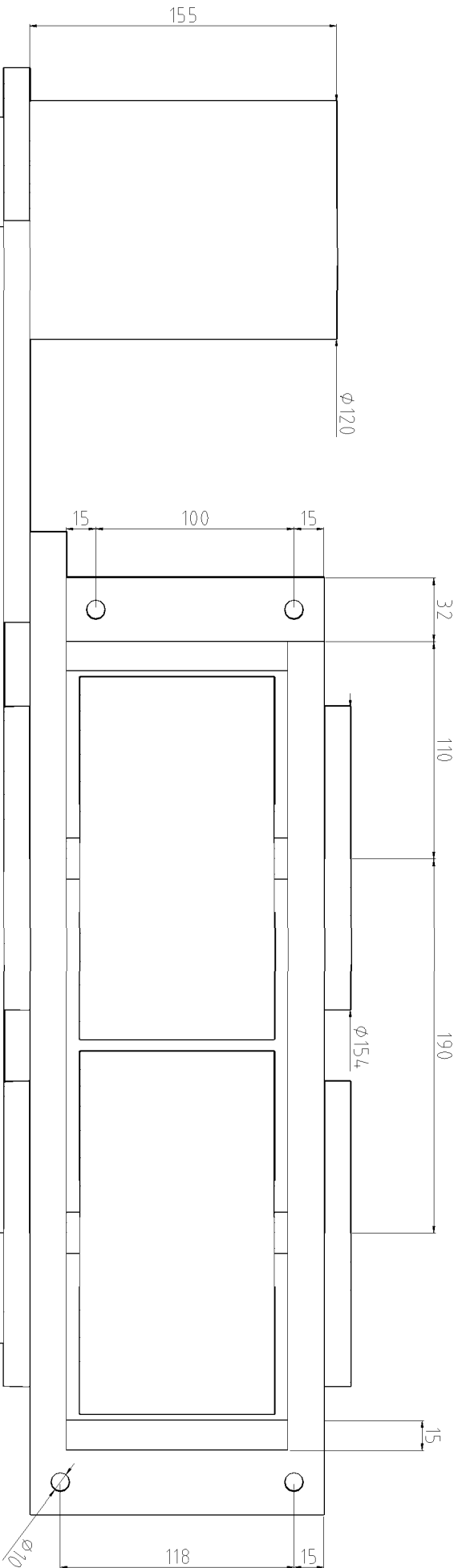
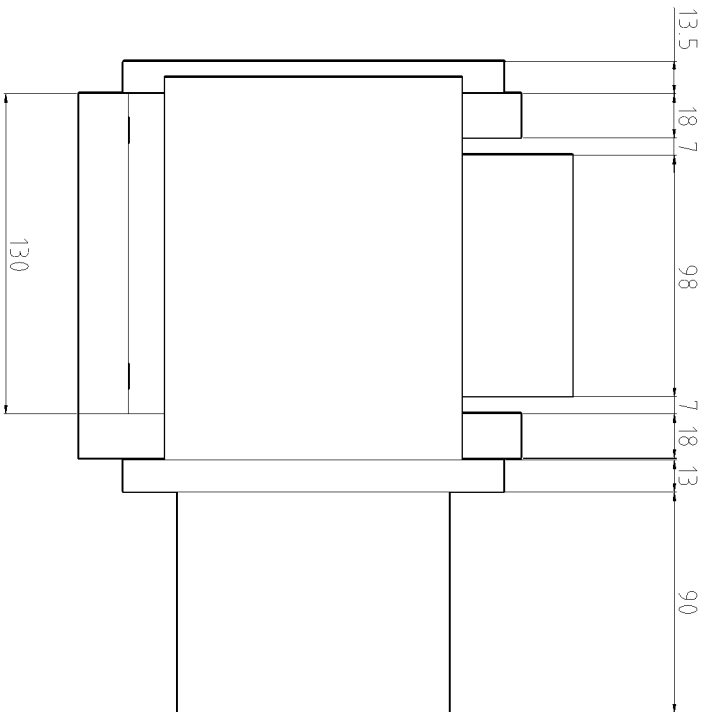
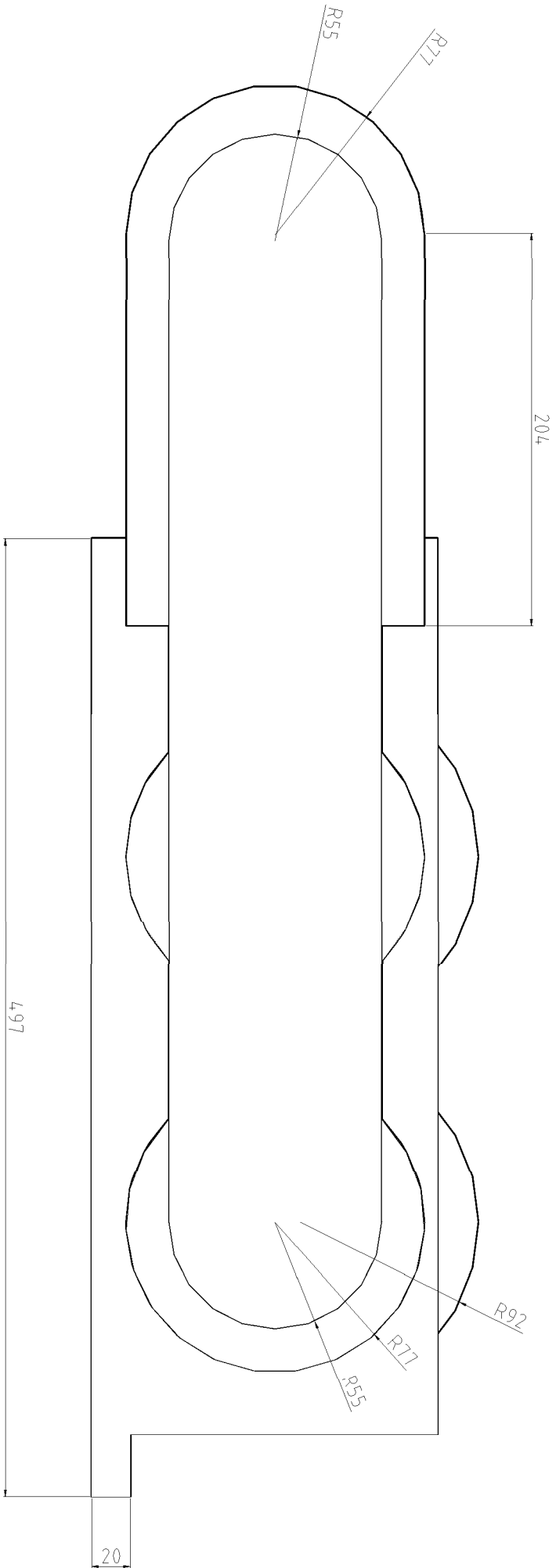


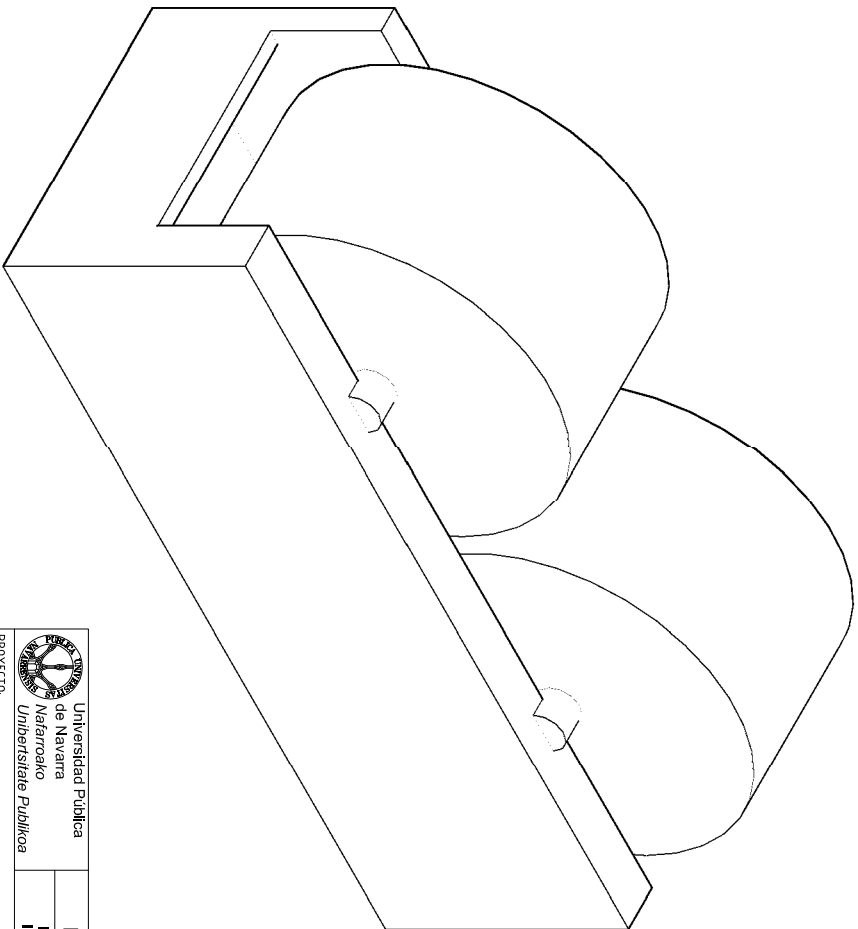
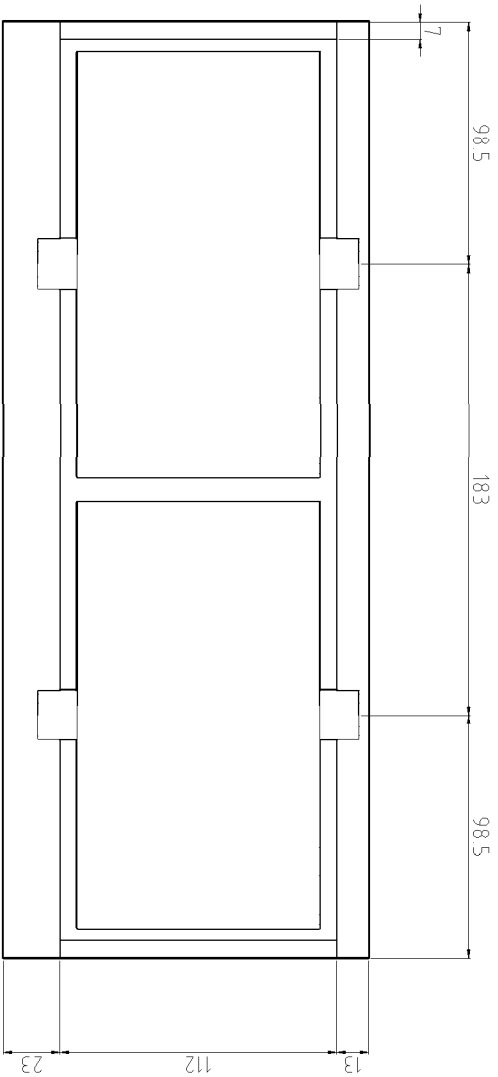
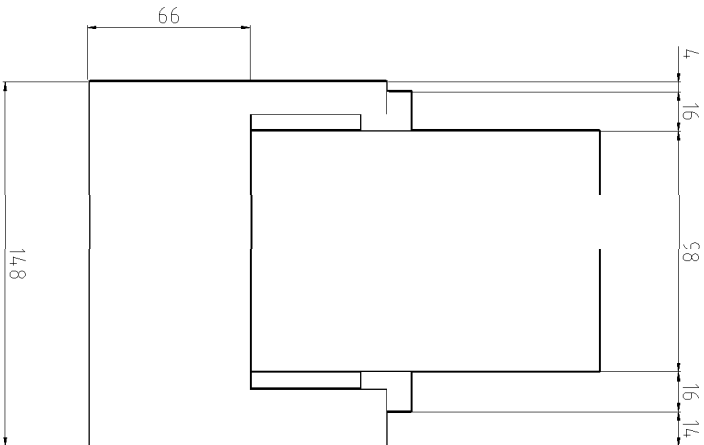
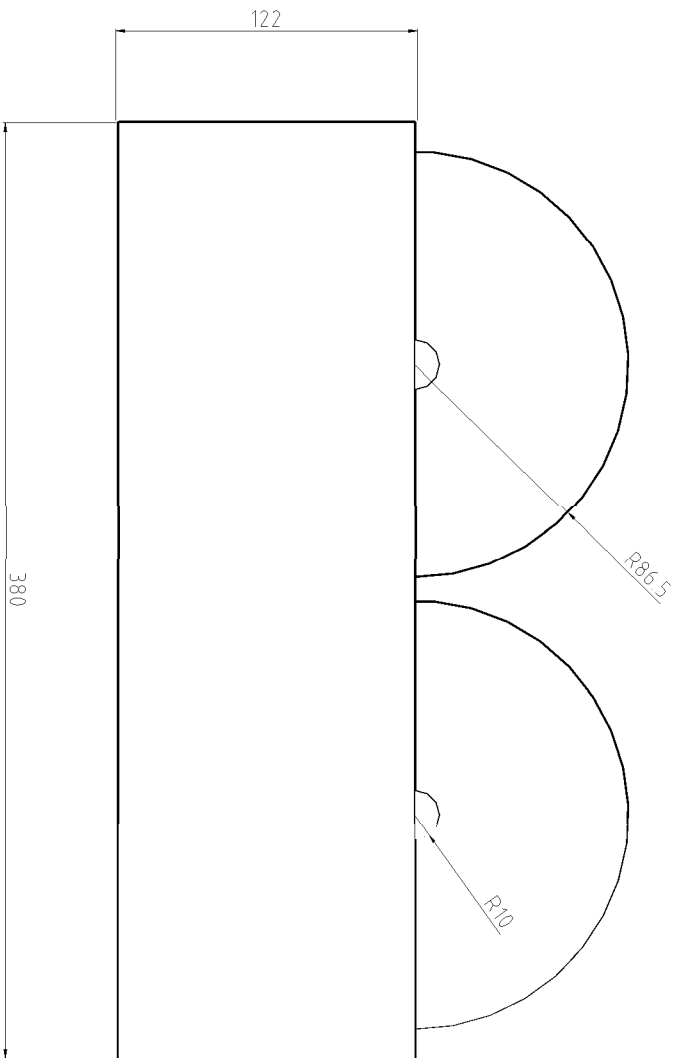
		<b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	
<b>PROYECTO:</b> ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREREZADORA DE TUBOS		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	
<b>REALIZADO:</b> Fernández Apesteguía, Joseba		<b>DEPARTAMENTO:</b> MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
<b>FIRMA:</b>		<b>FECHA:</b> 6-2012	
<b>PLANO:</b> CABEZAL		<b>ESCALA:</b> 1:10	
		<b>IN PLANO:</b> A8.7	

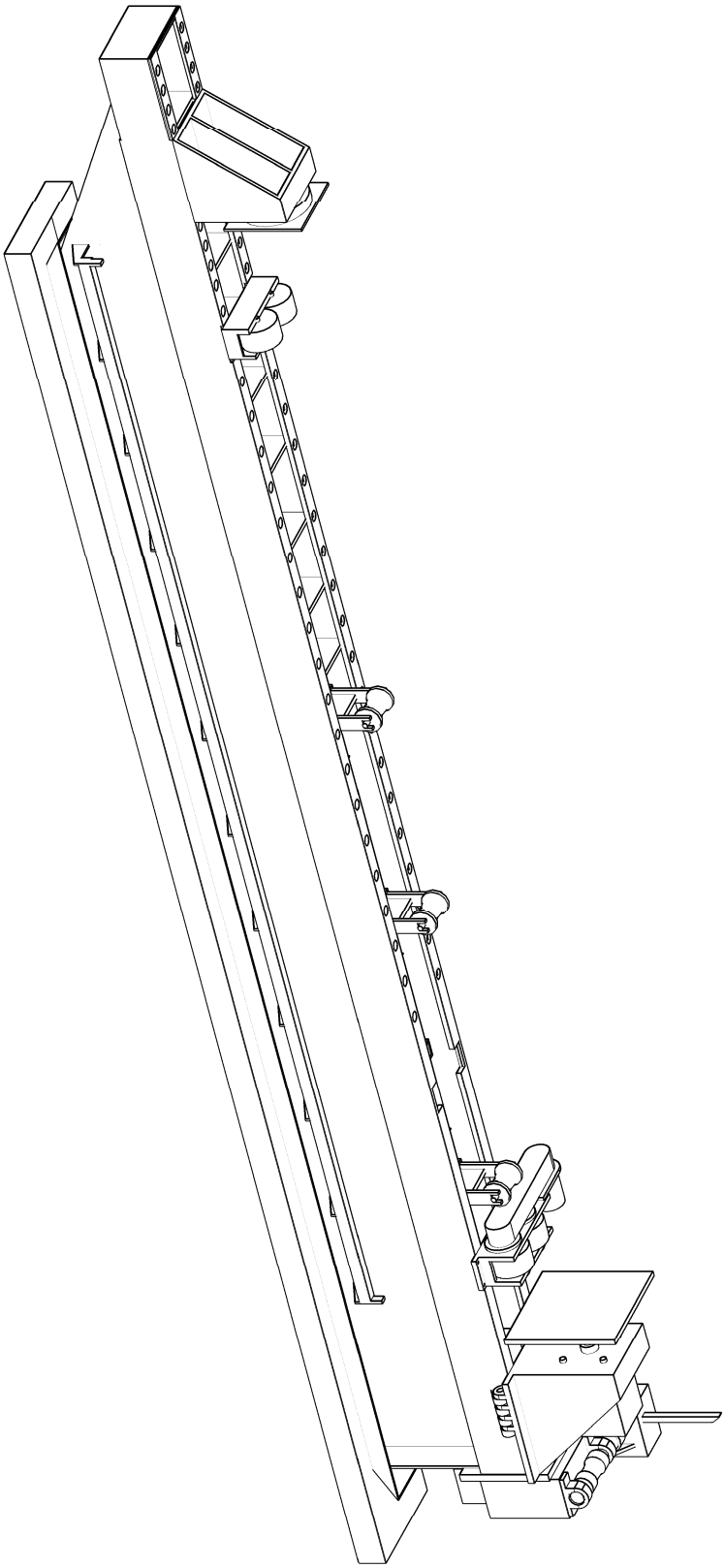
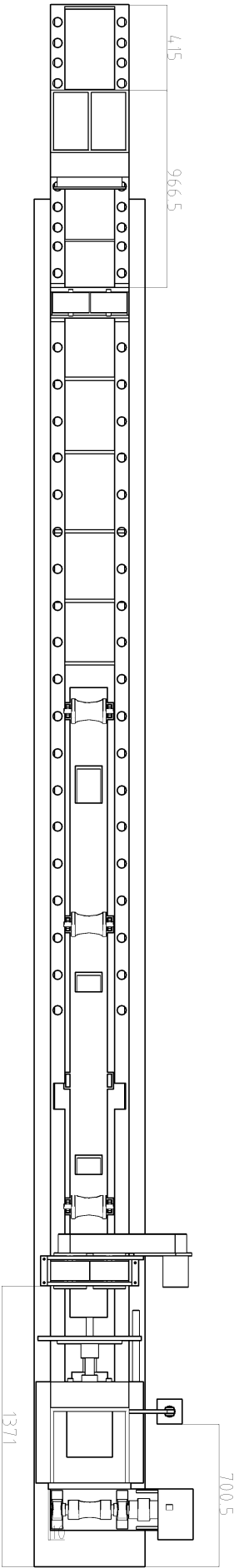
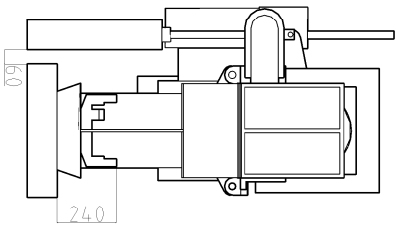
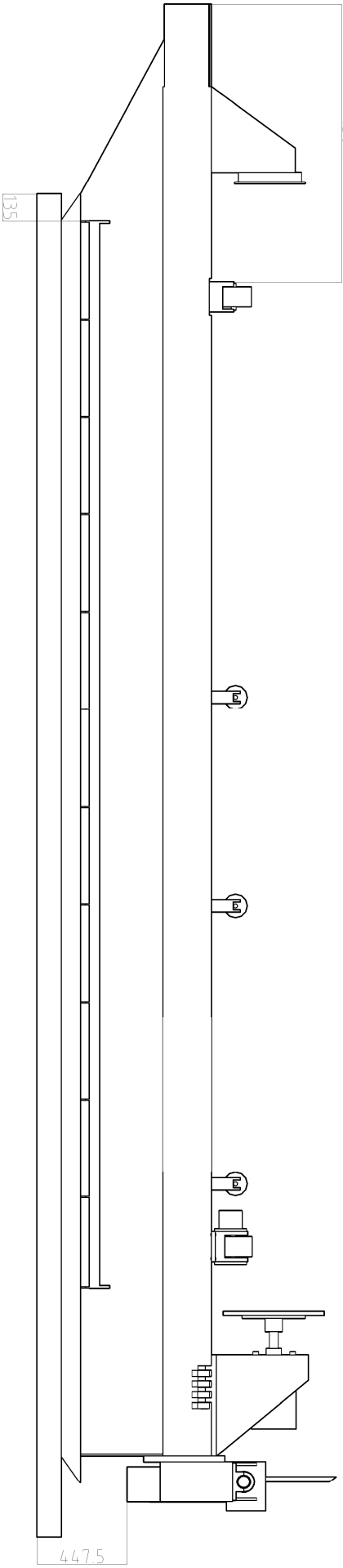


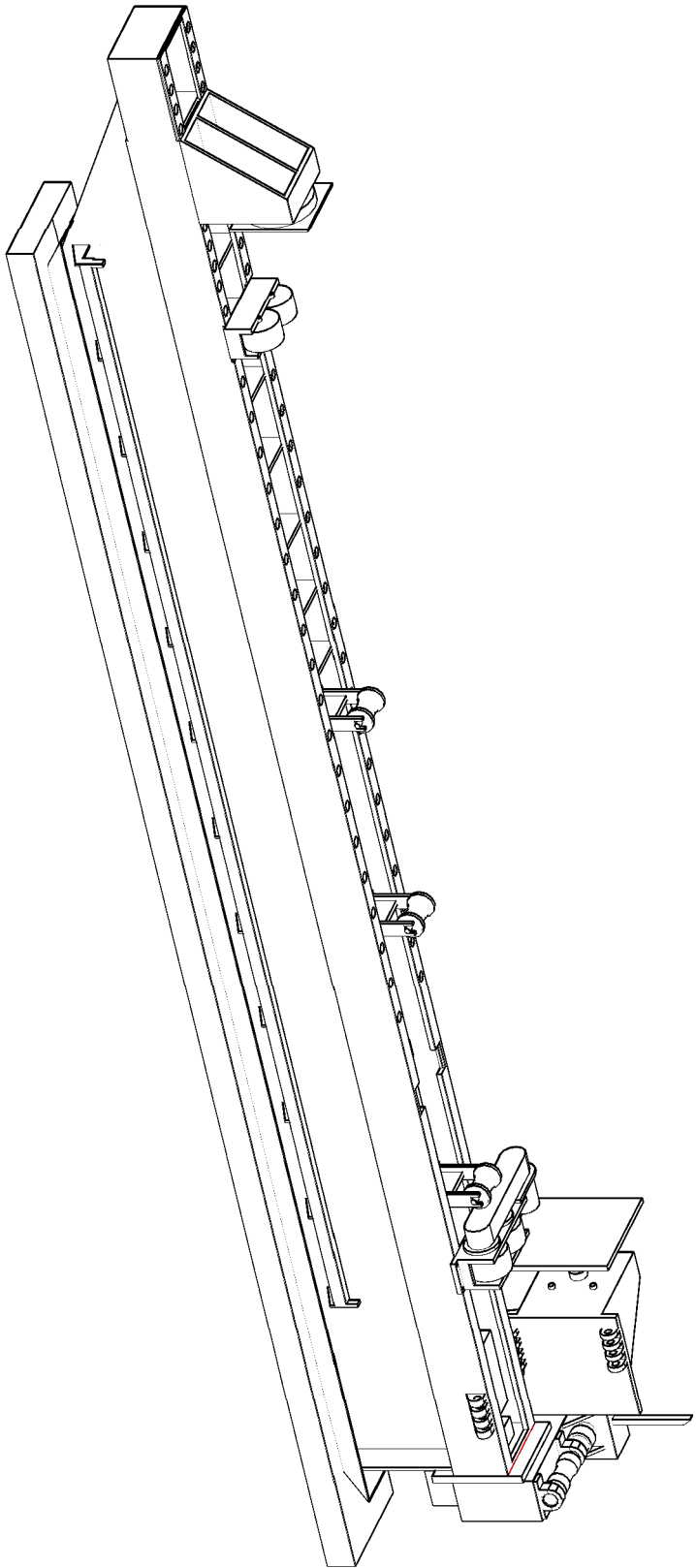
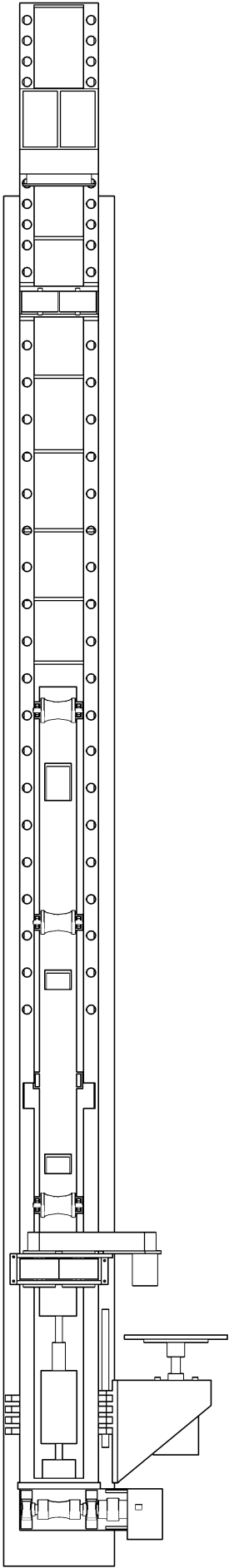
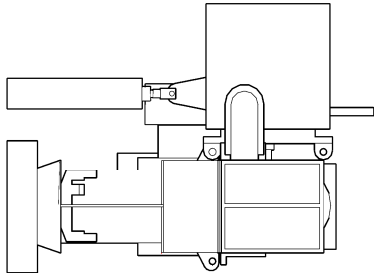
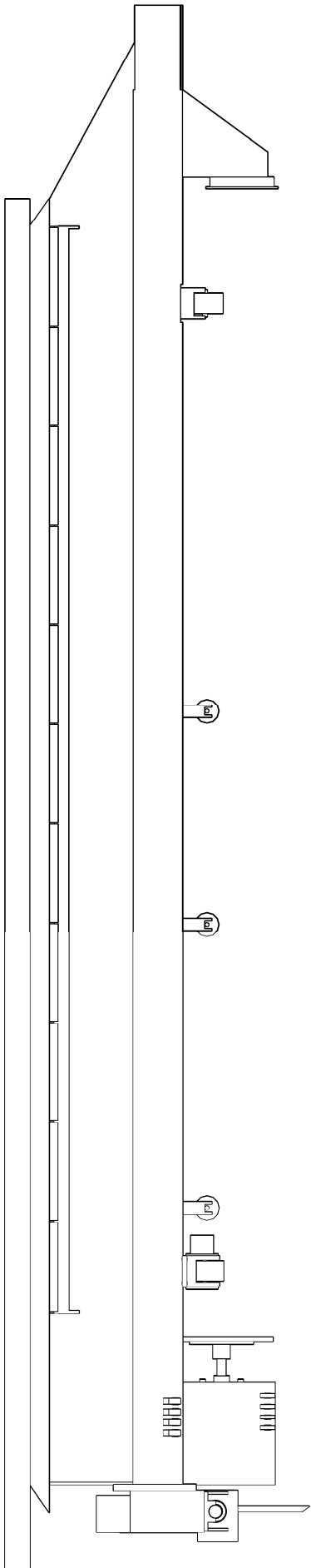
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	REALIZADO: Ferrández Apesqui, J. Joseba	FIRMA: 
PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDERREZADORA DE TUBOS	PLANO: CILINDRO VERTICAL	FECHA: 6-2012
	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: A8.8



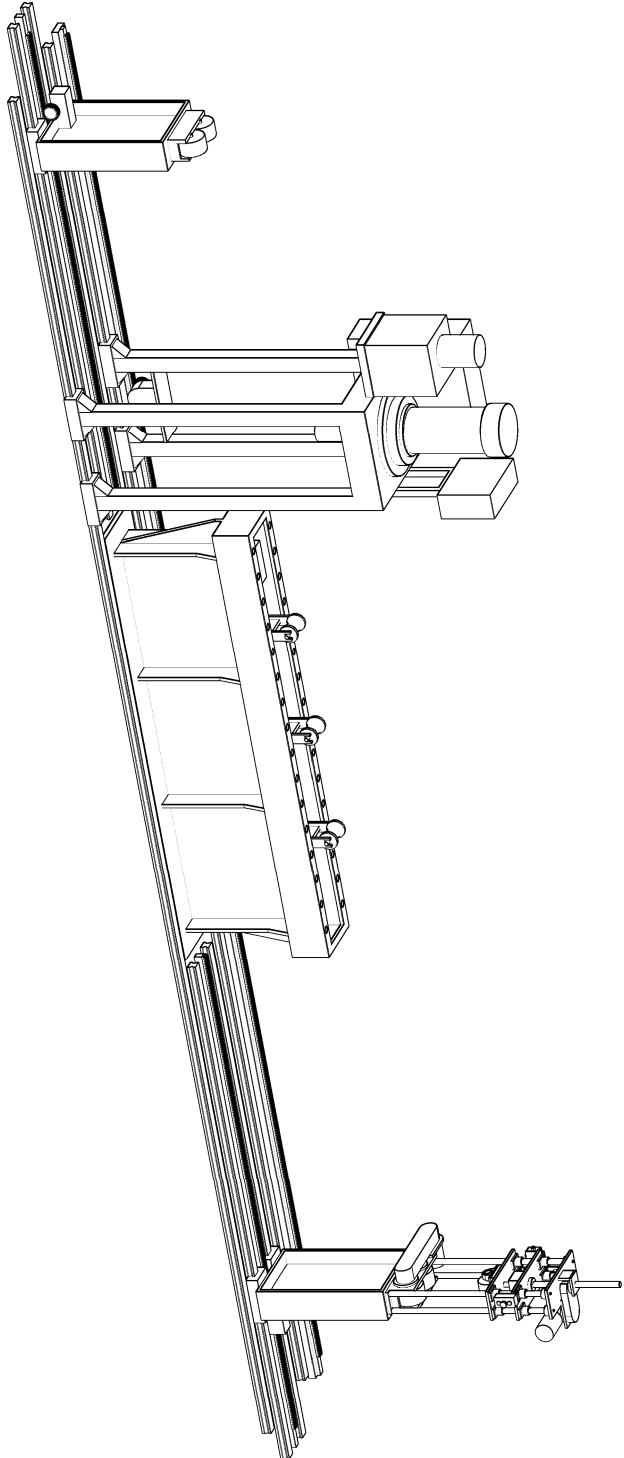
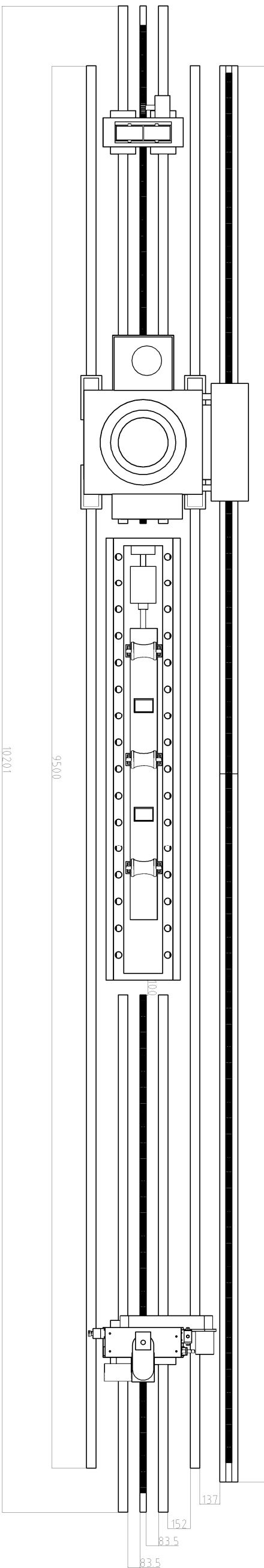
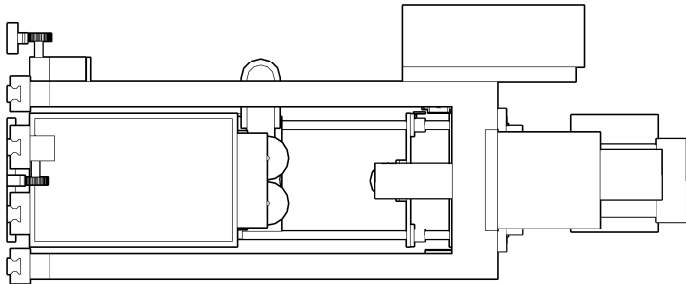
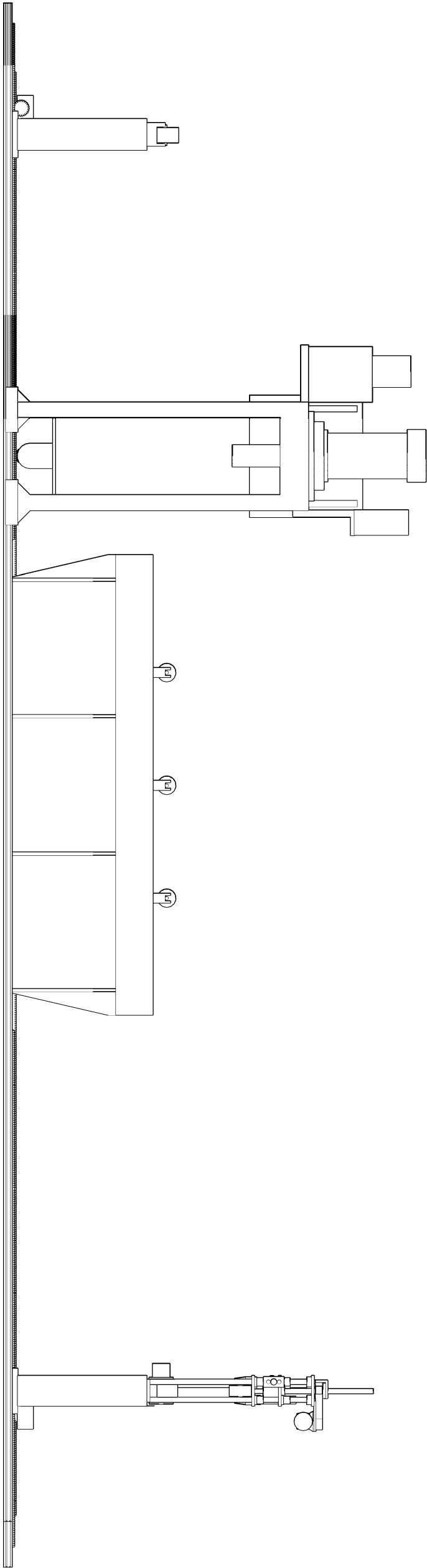









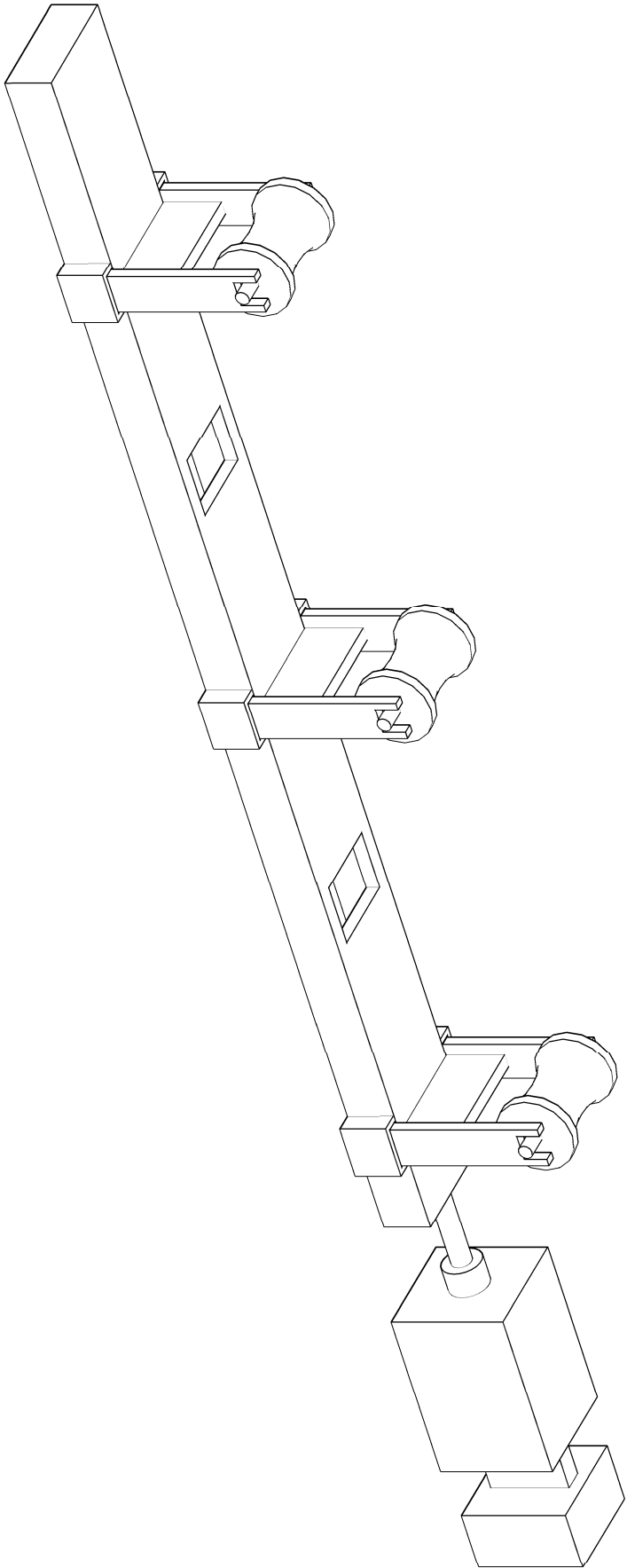
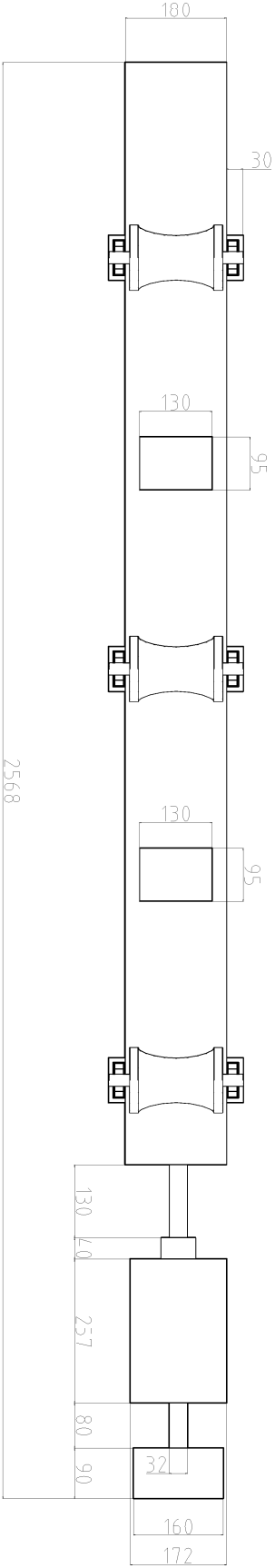
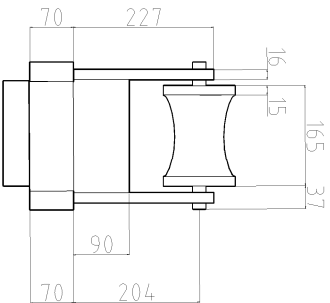
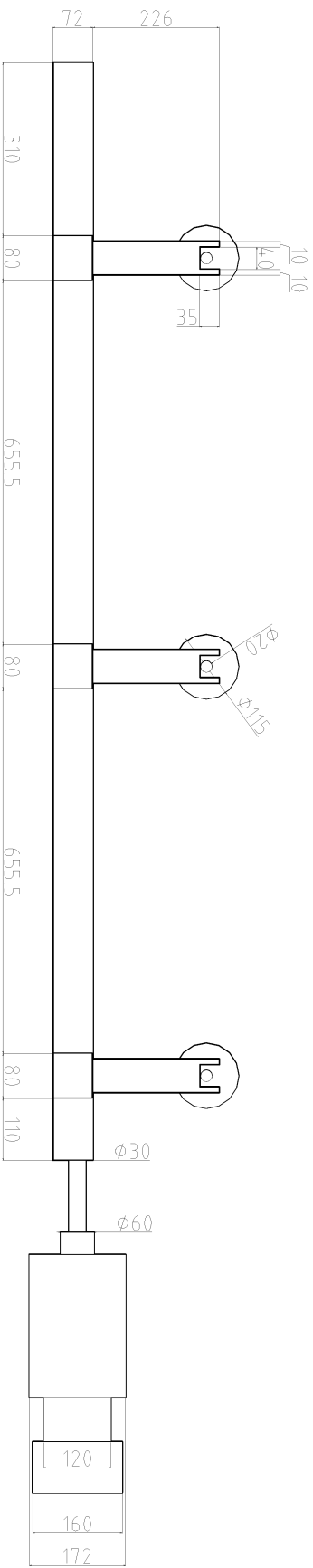





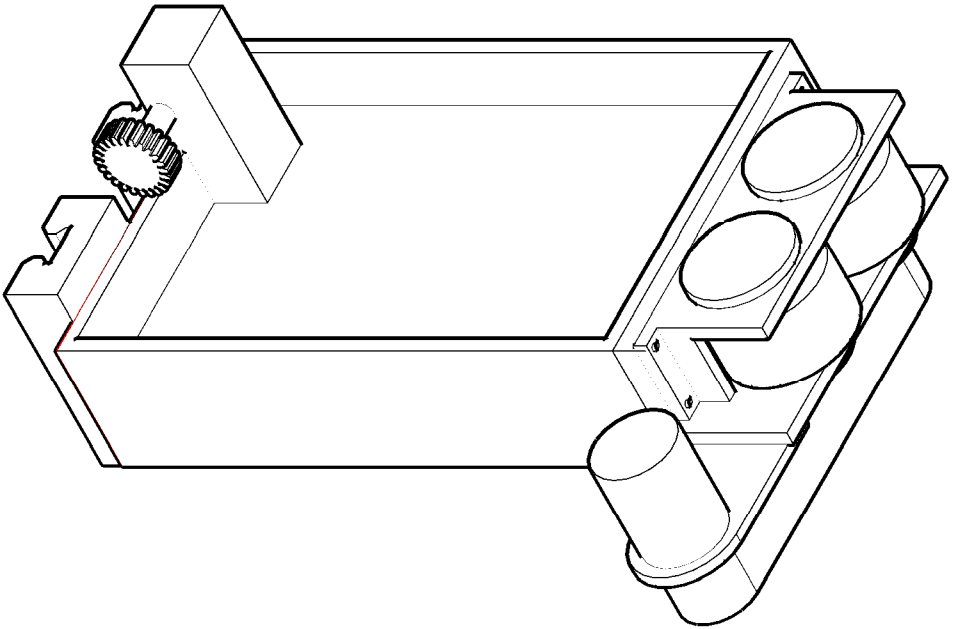
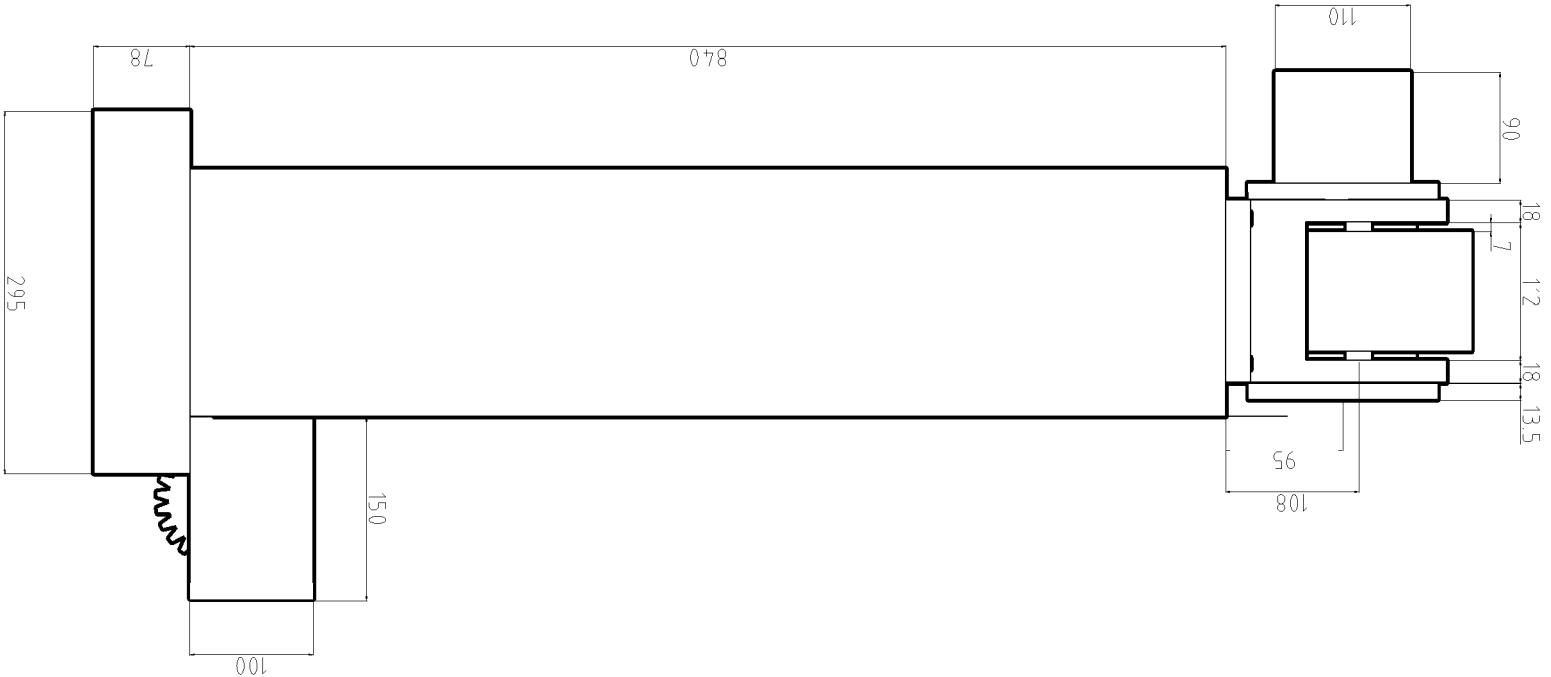
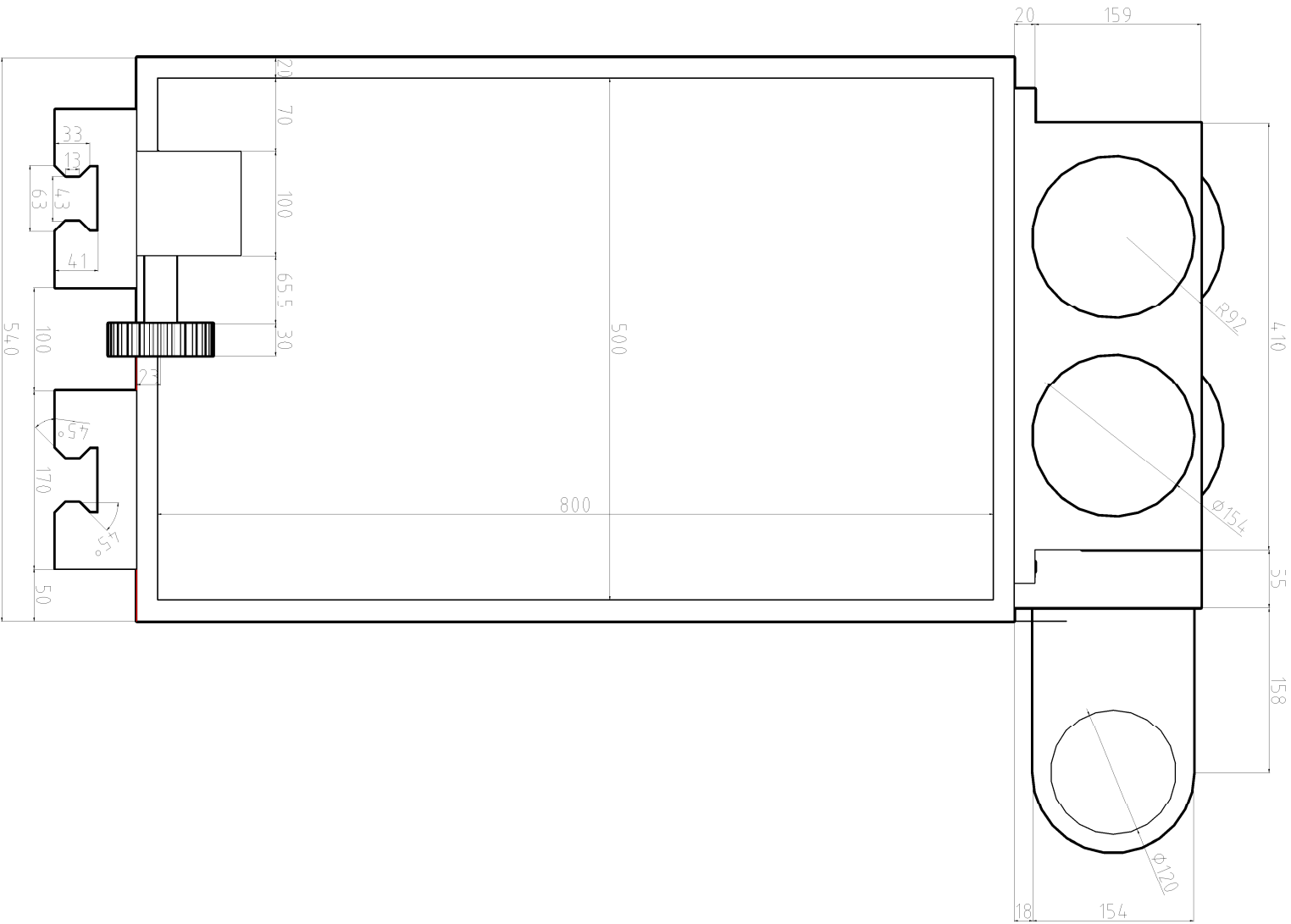
 Universidad Pública de Navarra Universitatea Publică de Navarra		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: <b>ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDERREZADORA DE TUBOS</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
REALIZADO: <b>Fernández Apesqui, J. Joseba</b>		FECHA: <b>6-2012</b>	
PLANO: <b>DISEÑO Nº 1</b>		ESCALA: <b>1:50</b>	
		M. PLANO: <b>A9.1</b>	

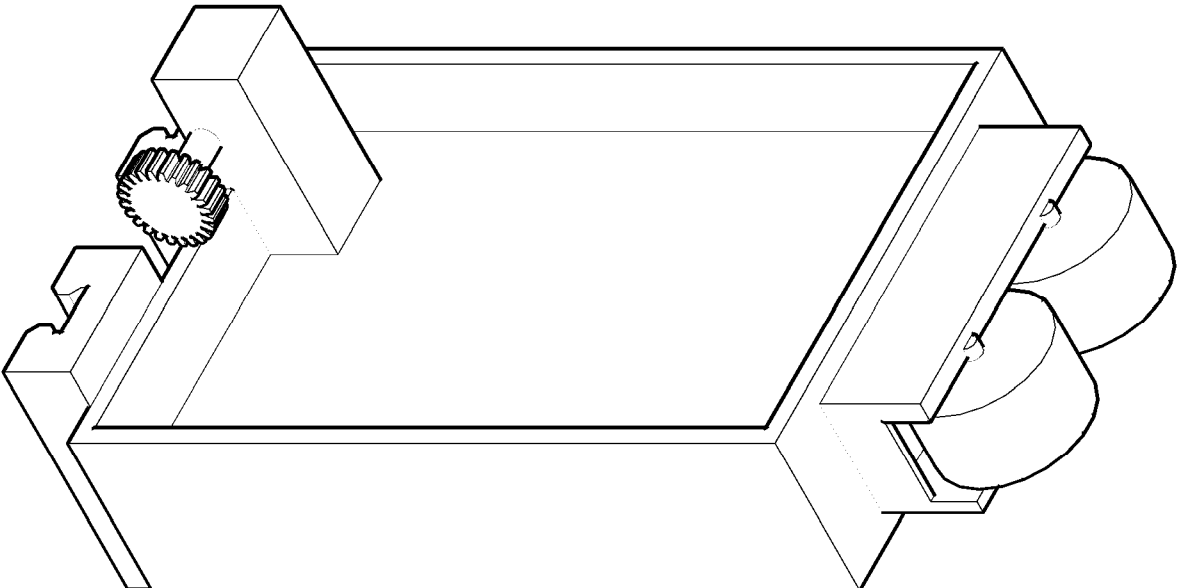
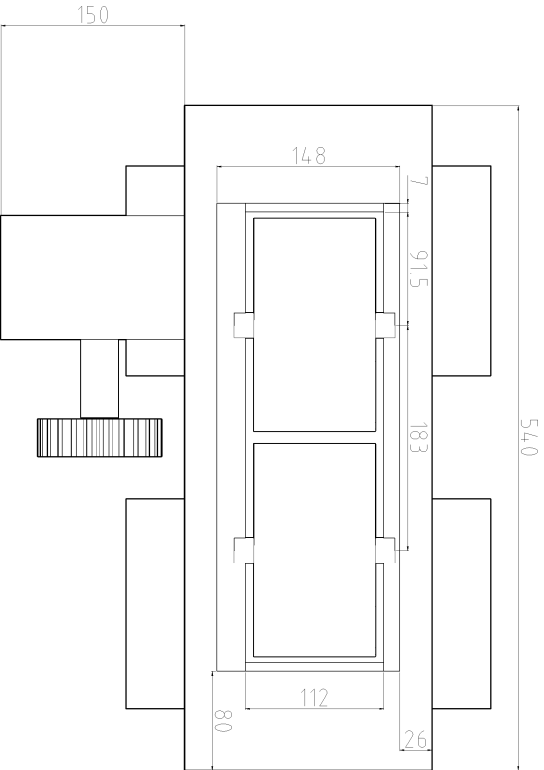
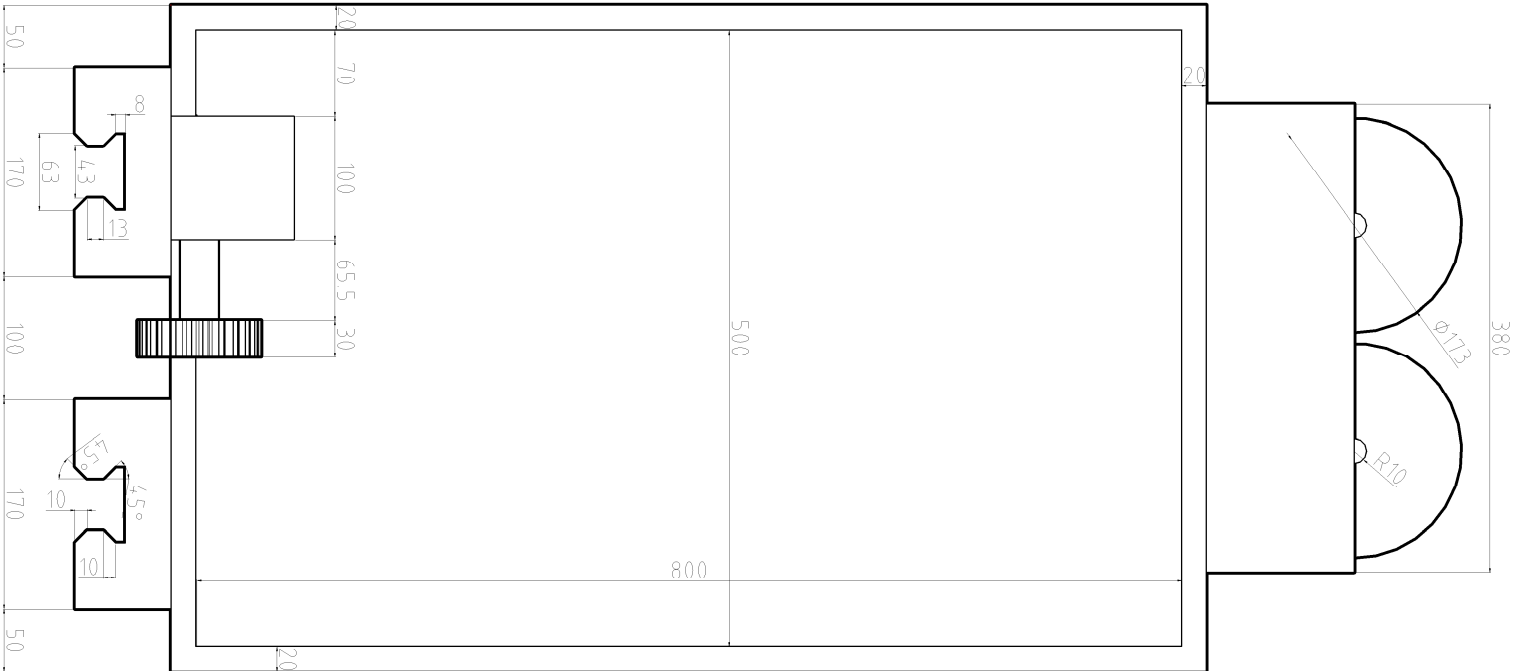







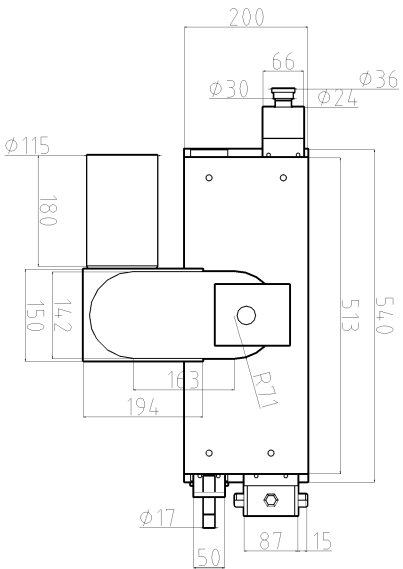
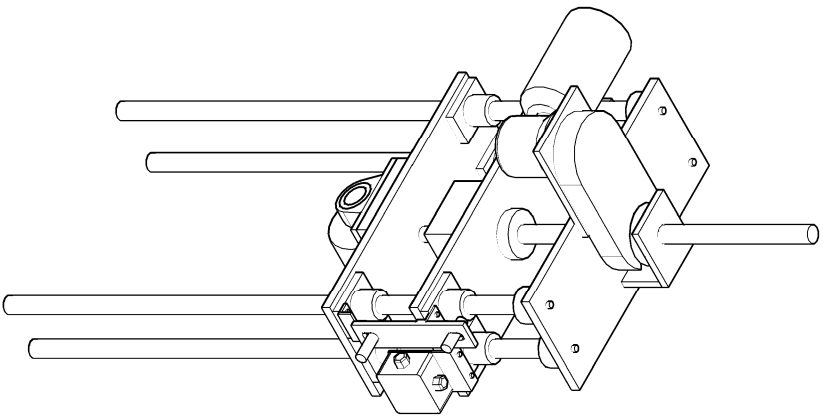
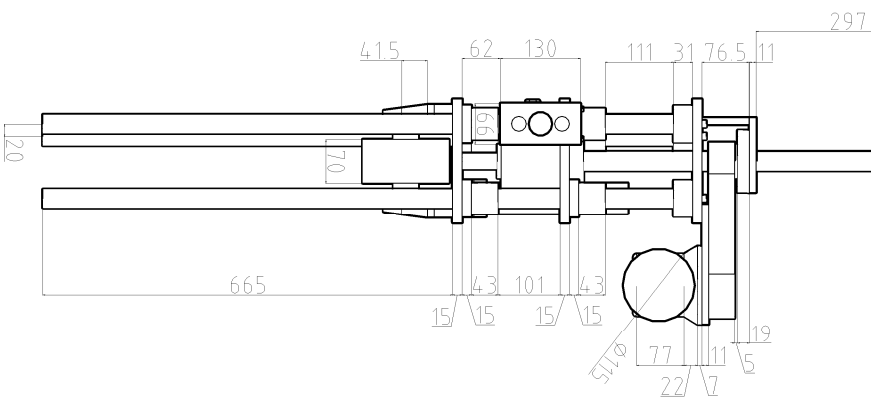
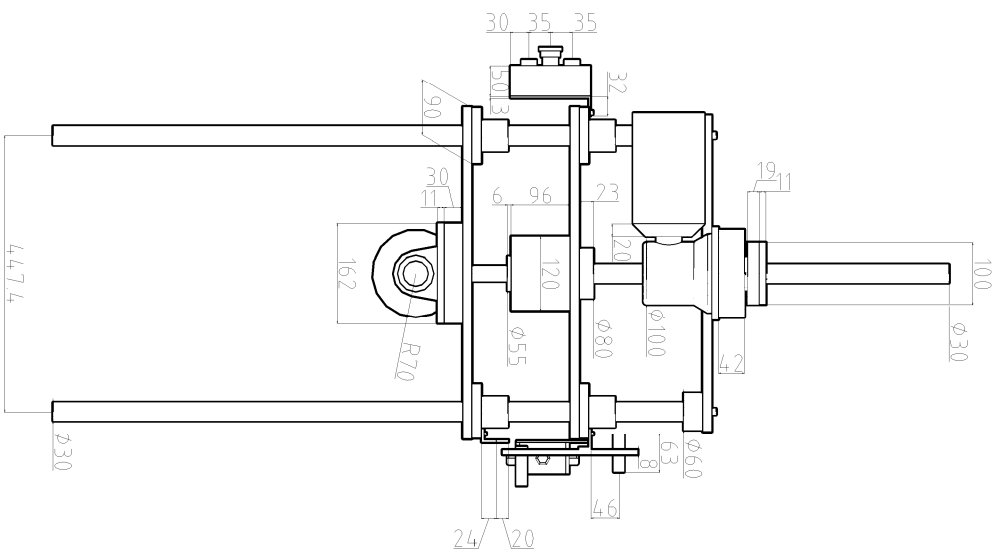
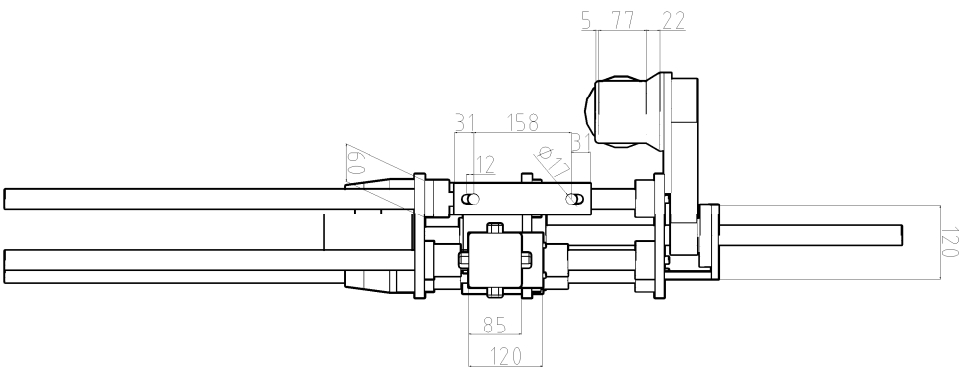
	Universidad Pública de Navarra Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	
	PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDERIZADORA DE TUBOS		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PLANO:		FECHA:		
NUEVA VIGA		6-2012		ESCALA: 1:20
		FIRMA: Fernández Apostegui, Roberto		IN PLANO: A9.4



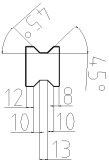
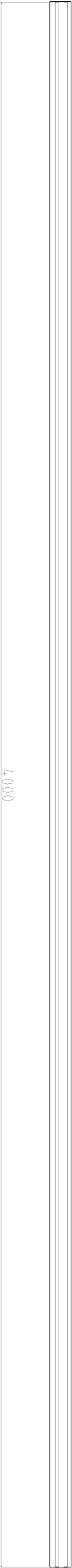


	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		
	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO:	ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS		
	REALIZADO:	Fernández Apostol, J. Joseba	
		FIRMA:	
PLANO:	RODILLO TRANSVERSAL		
	FECHA:	ESCALA:	IN PLANO:
	6-2012	1:10	A9.6

Los datos de este fichero son propiedad de la Universidad Pública de Navarra. No se permite su uso sin el consentimiento expreso de la Universidad Pública de Navarra.



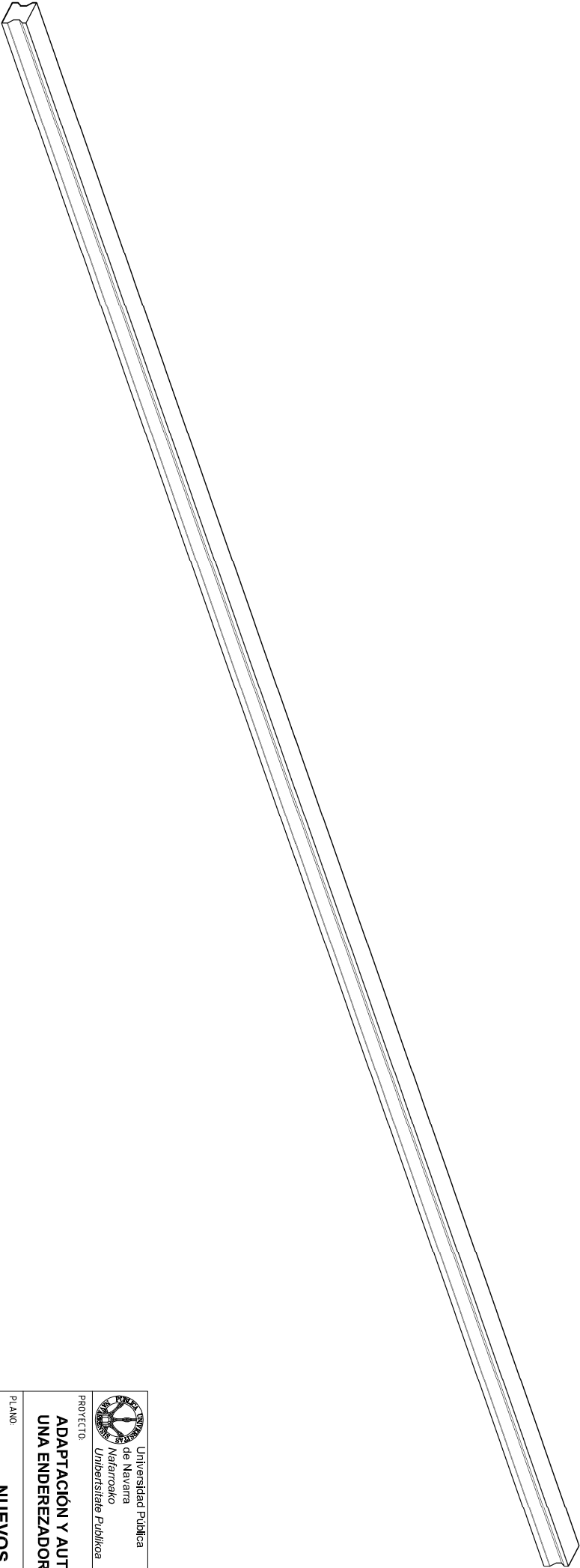






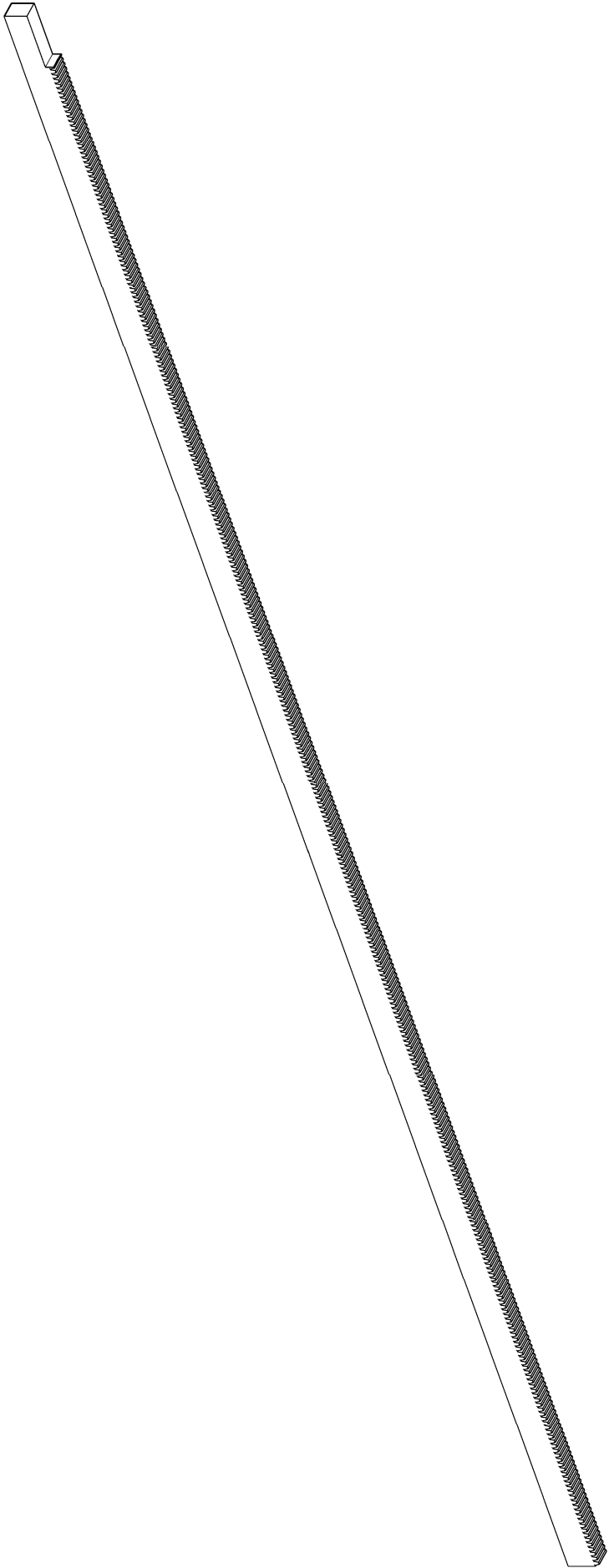
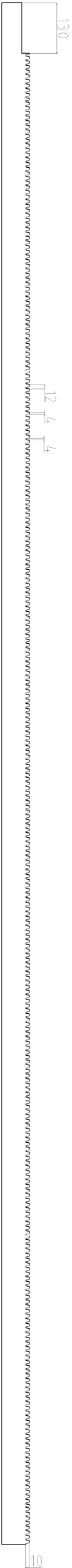
4.000





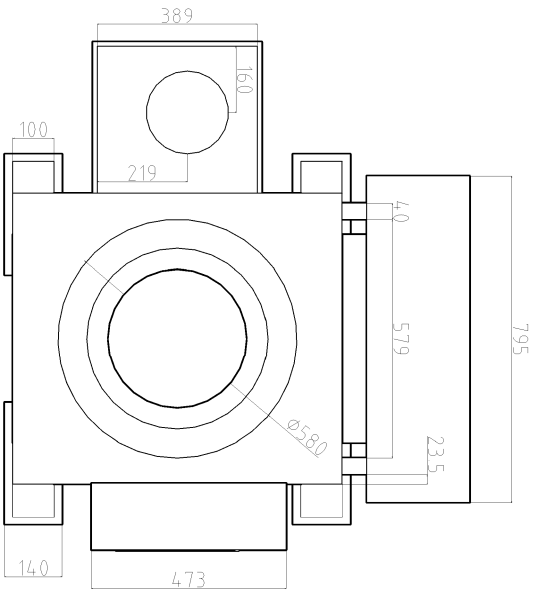
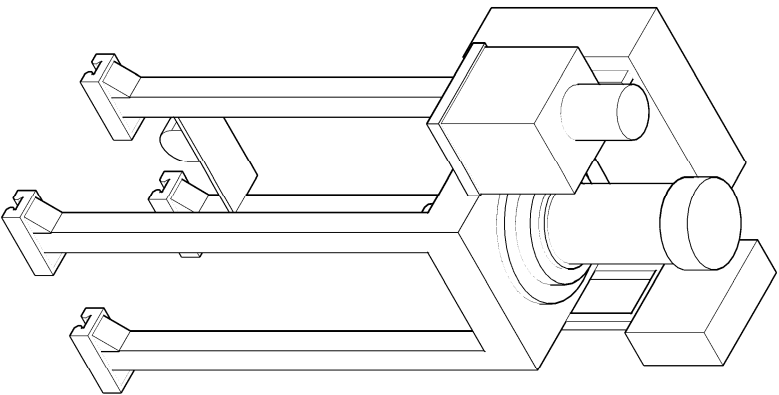
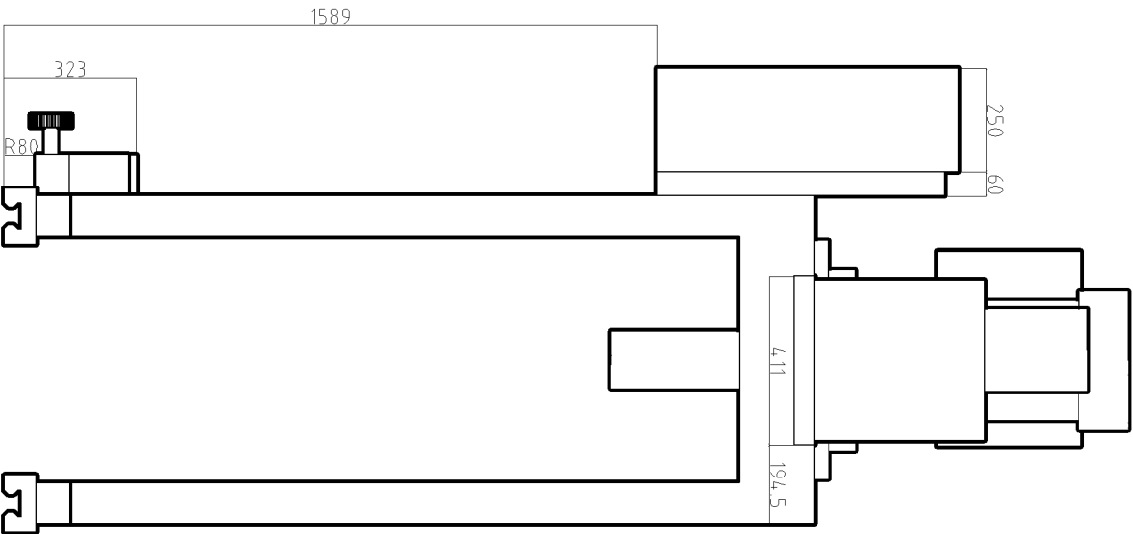
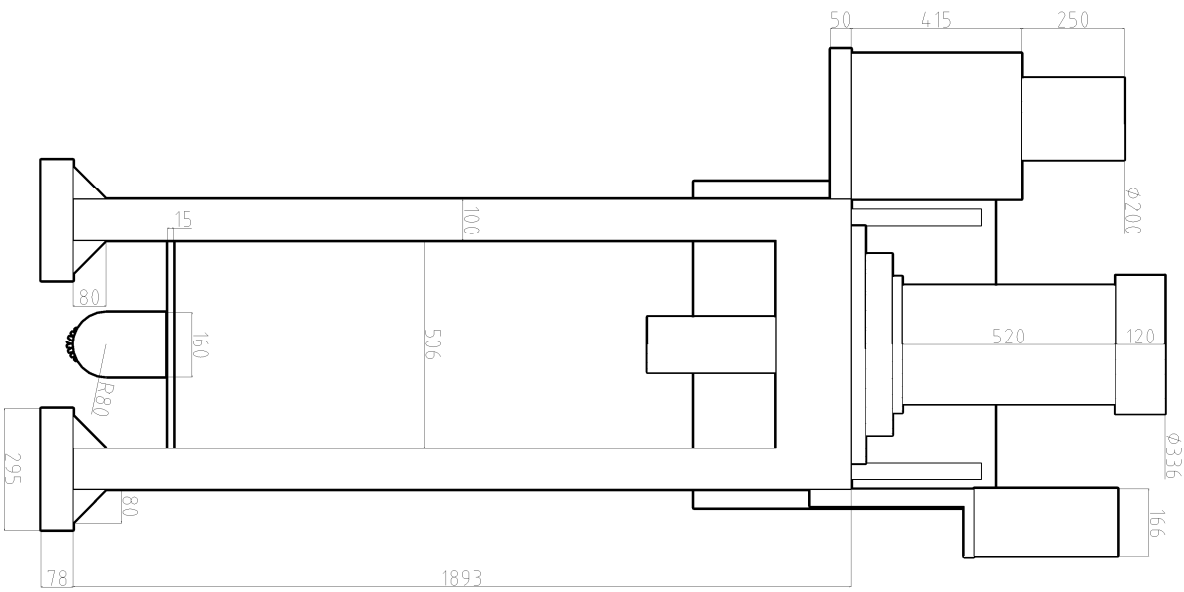
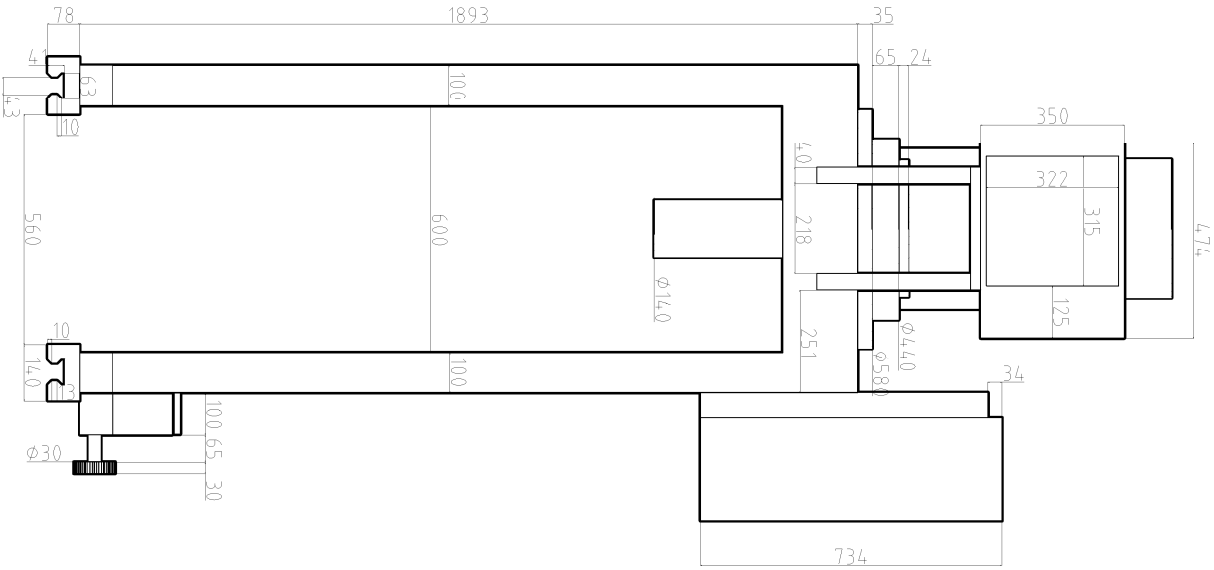
63



 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: <b>ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS</b>		DEPARTAMENTO: <b>MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
PLANO: <b>NUEVOS RAÍLES</b>		REALIZADO: <b>Fernández Apesteguía, Joseba</b>	FIRMA: 
FECHA: <b>6-2012</b>		ESCALA: <b>1:20</b>	IN PLANO: <b>A9.8</b>



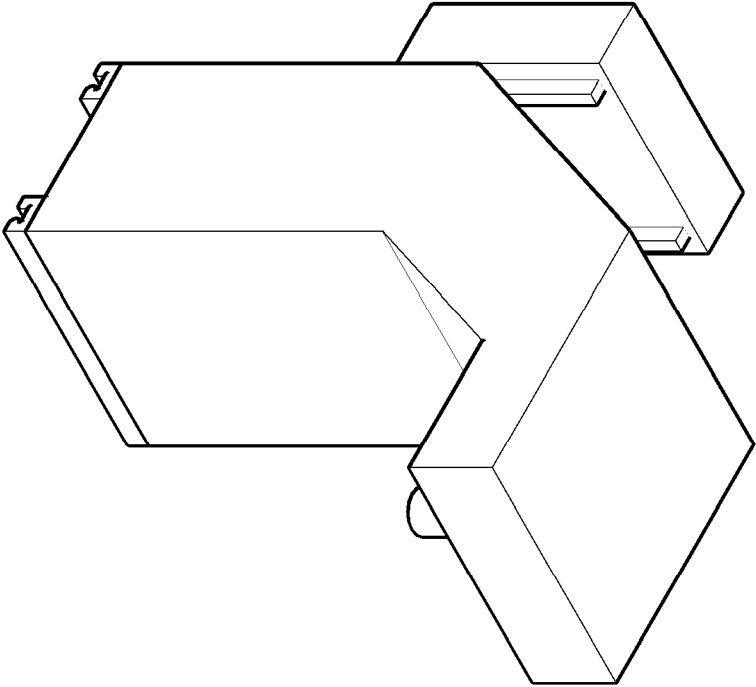
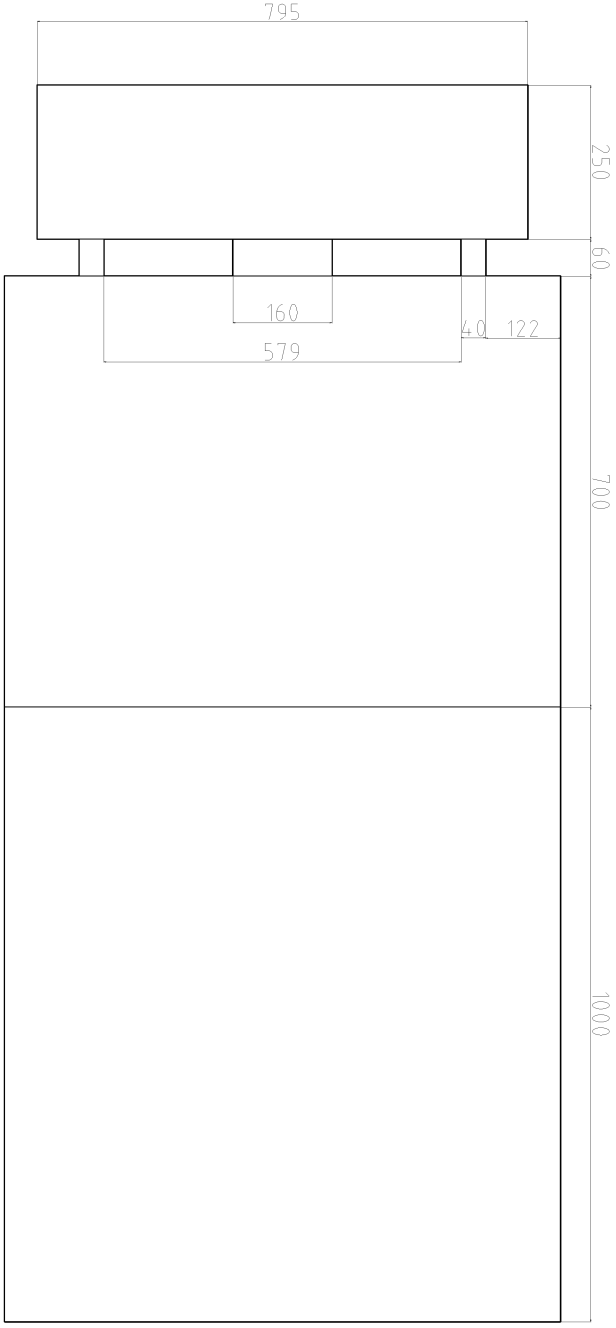
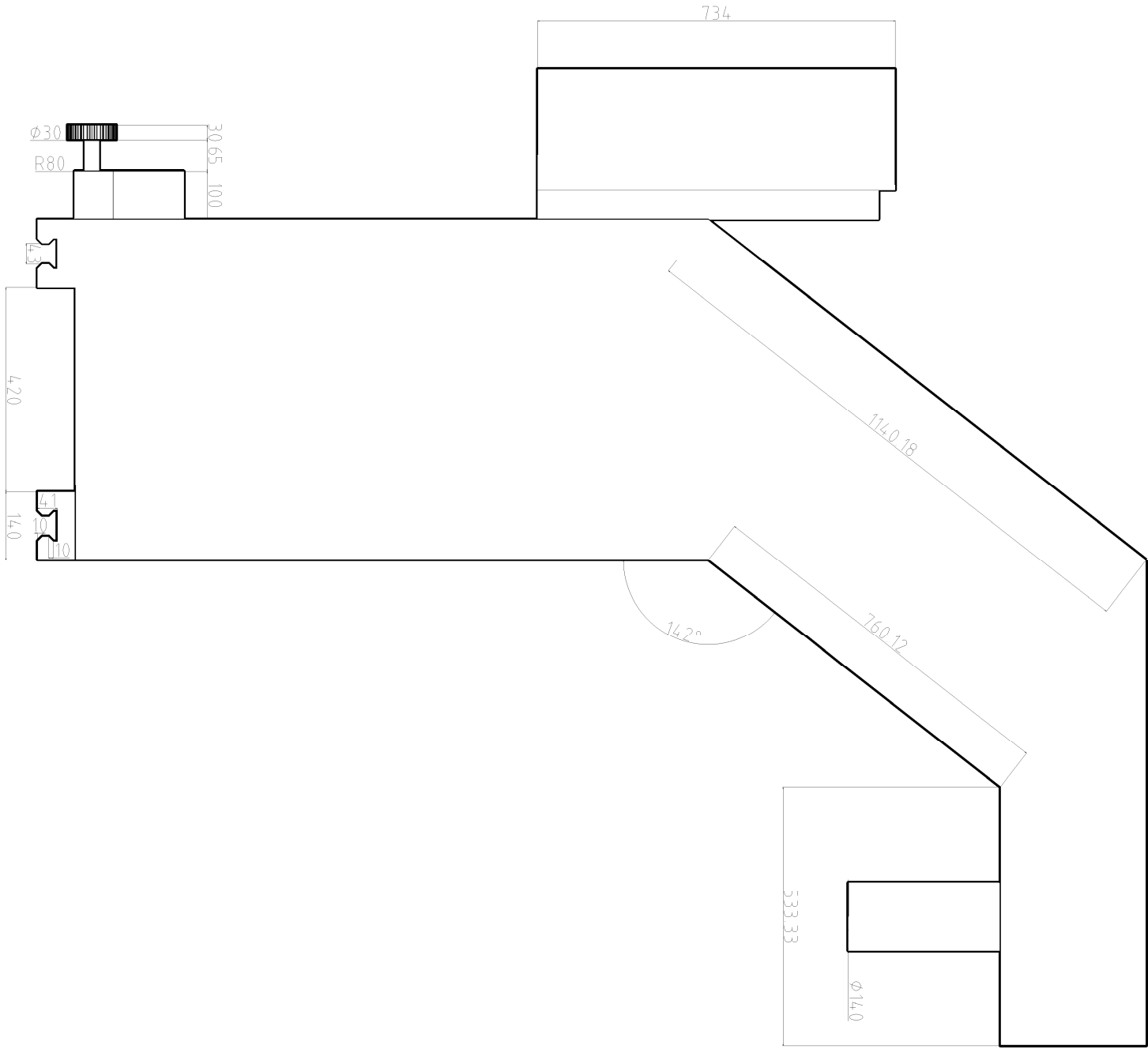
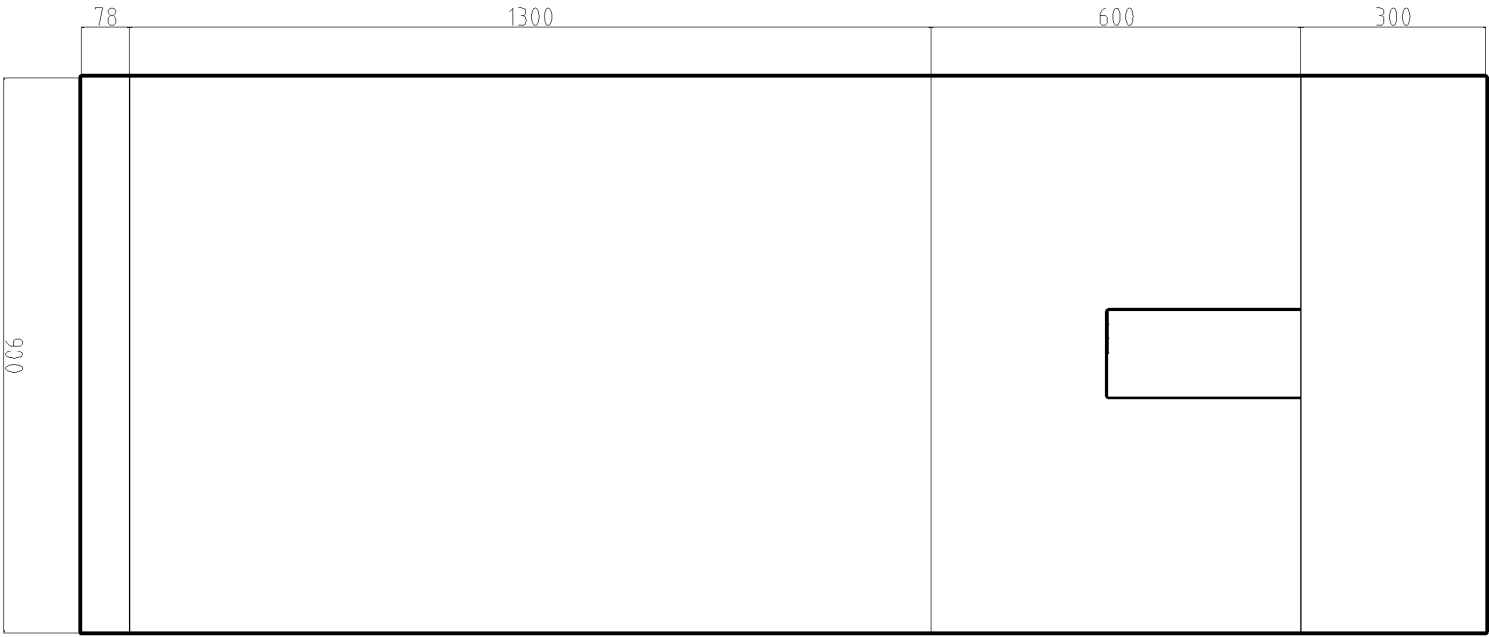
 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: <b>ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREREZADORA DE TUBOS</b>		DEPARTAMENTO: <b>MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
REALIZADO: <b>Fernández Apesqui, G. Joseba</b>		FIRMA: 	
PLANO:	<b>CREMALLERA</b>	FECHA: <b>6-2012</b>	ESCALA: <b>1:20</b>
		IN PLANO: <b>A9.9</b>	




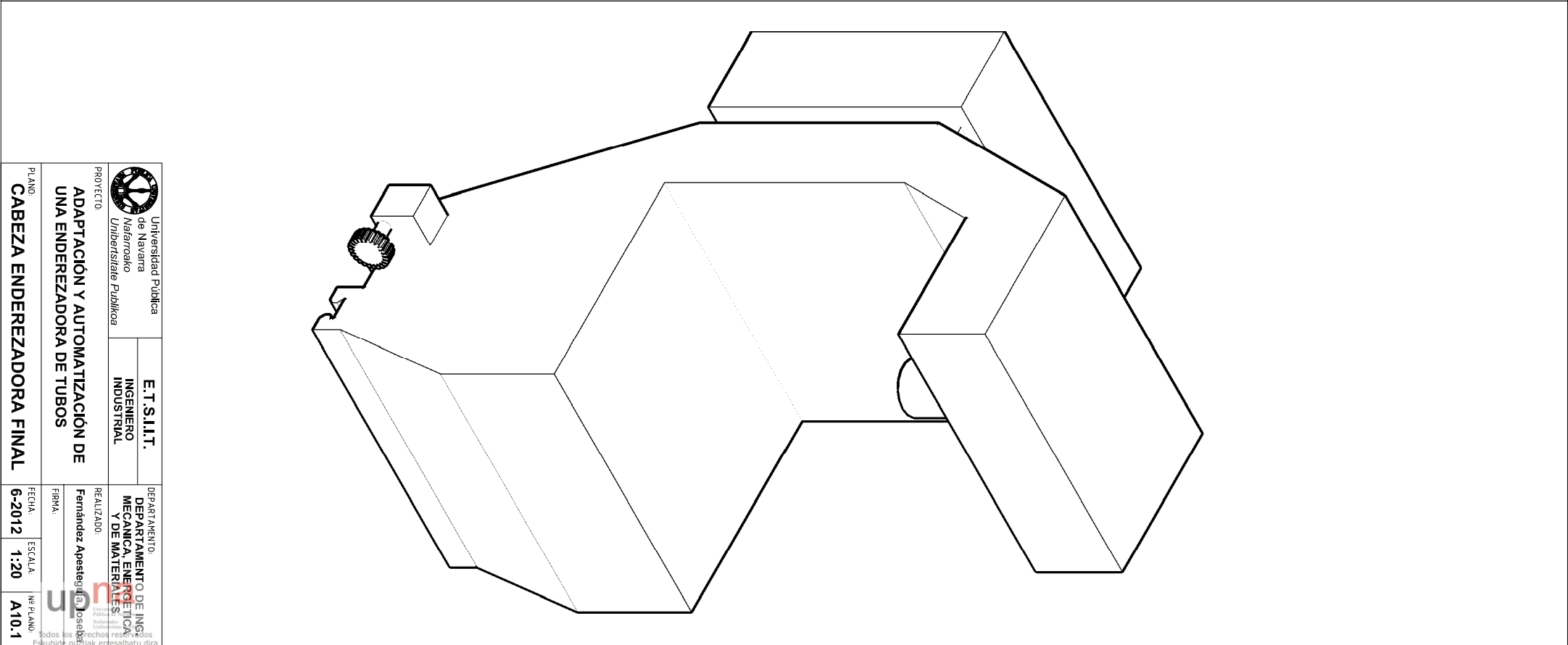
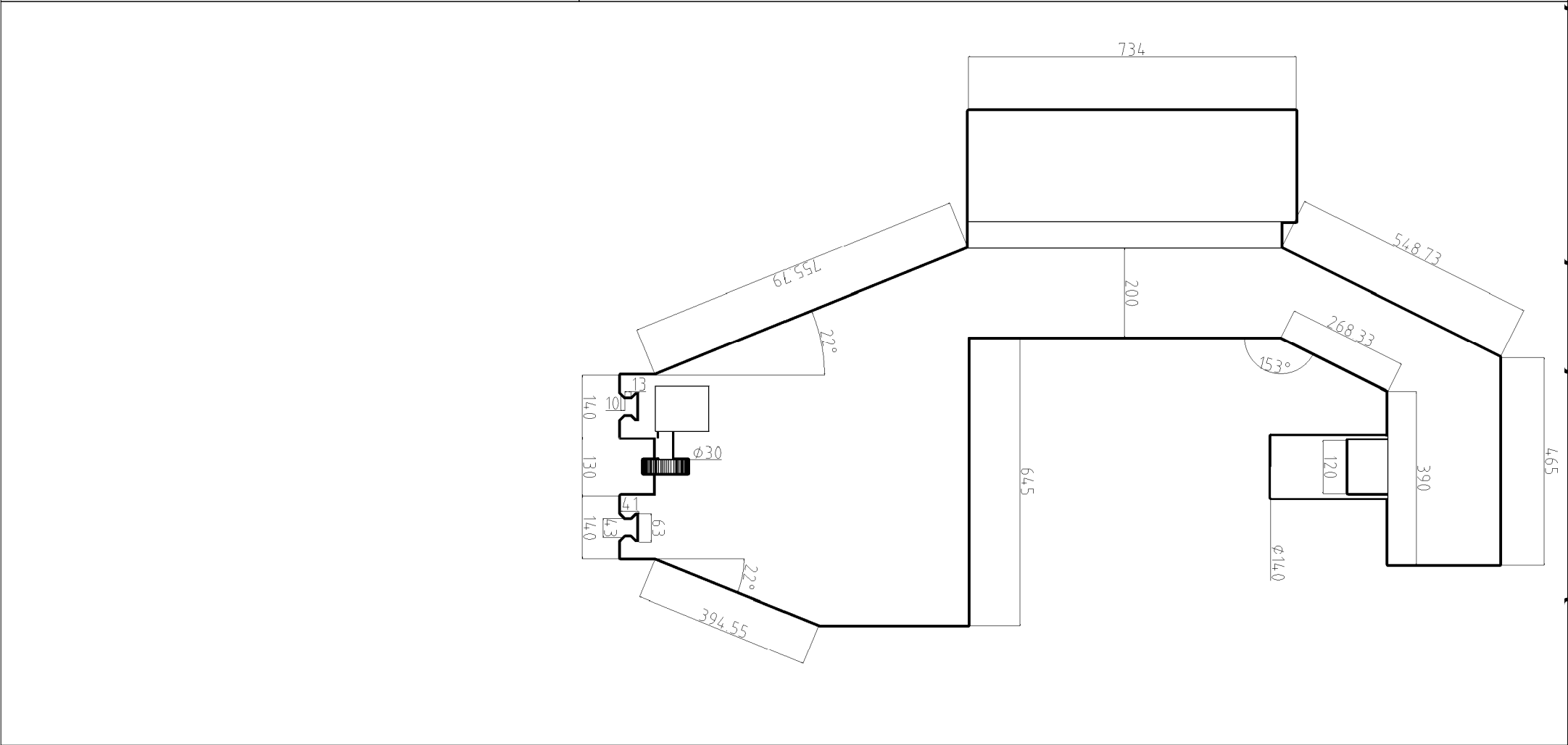
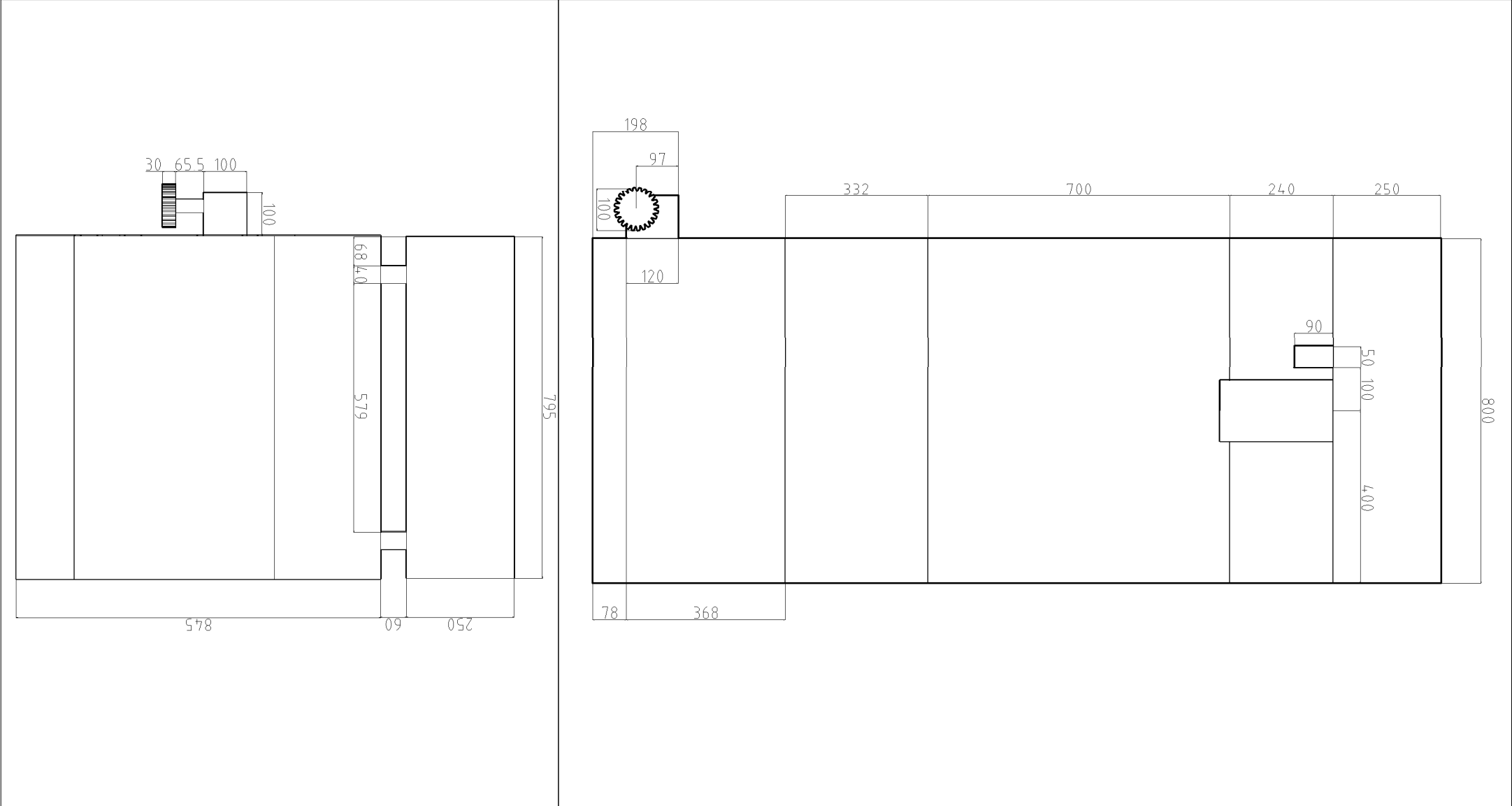
	Universidad Pública de Navarra
	Departamento de Ingeniería Industrial

PROYECTO:	ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS	FECHA:	6-2012	ESCALA:	1:30	IN PLANO	A9.10
REALIZADO:	Fernández Apesqui, J. Joseba	FIRMA:					

Los datos de este fichero son propiedad de la Universidad Pública de Navarra. No se permite su uso sin el consentimiento de la Universidad Pública de Navarra.



	Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T.		
	Ingeniería Industrial		Ingeniero Industrial		
	Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales		Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales		
Proyecto: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS		Realizado por: Ferrández Apesteguía, Joseba		Firma:	
Fecha: 6-2012		Escala: 1:20		Hoja: A9.11	

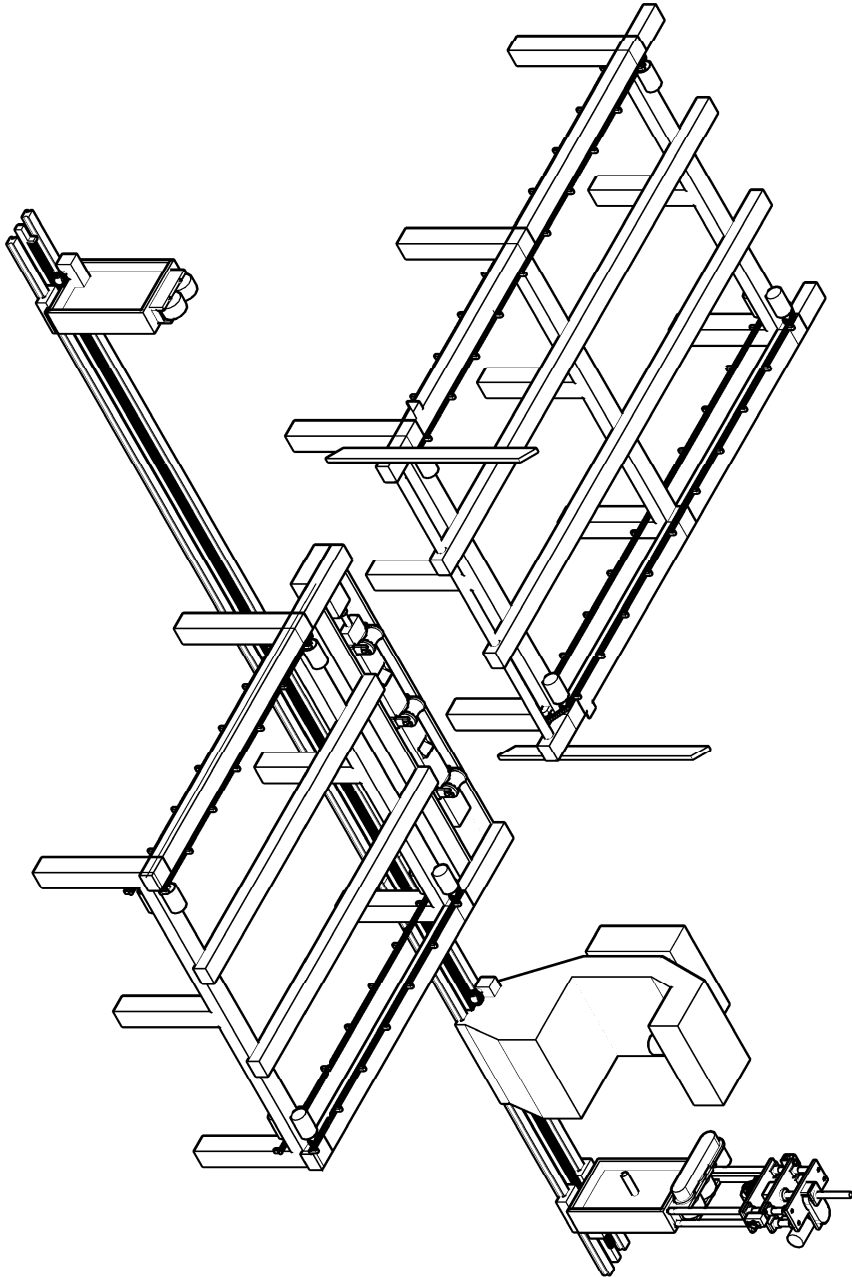
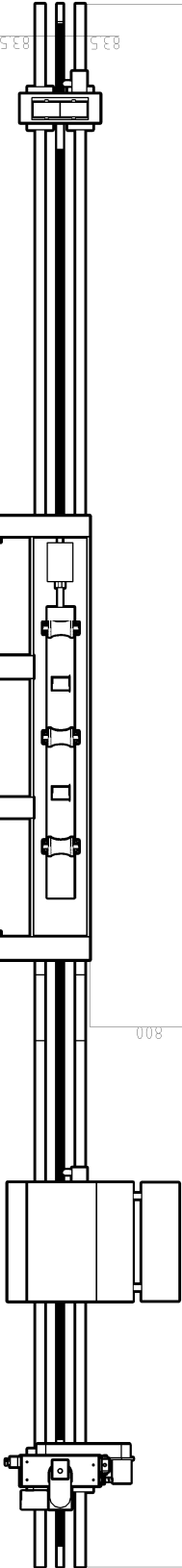
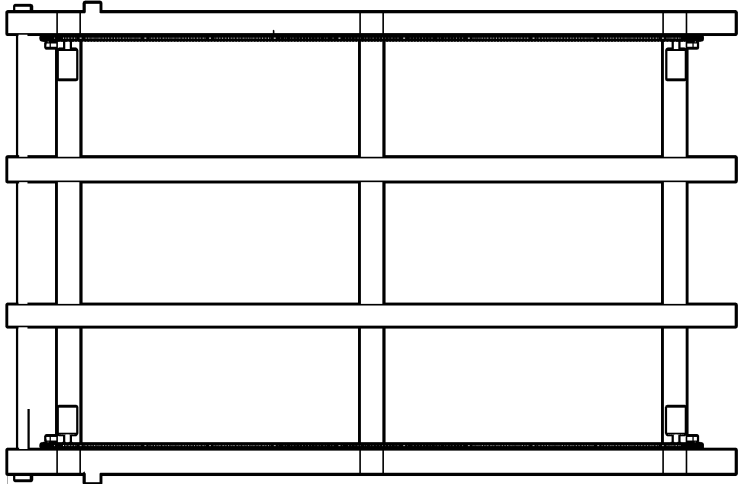
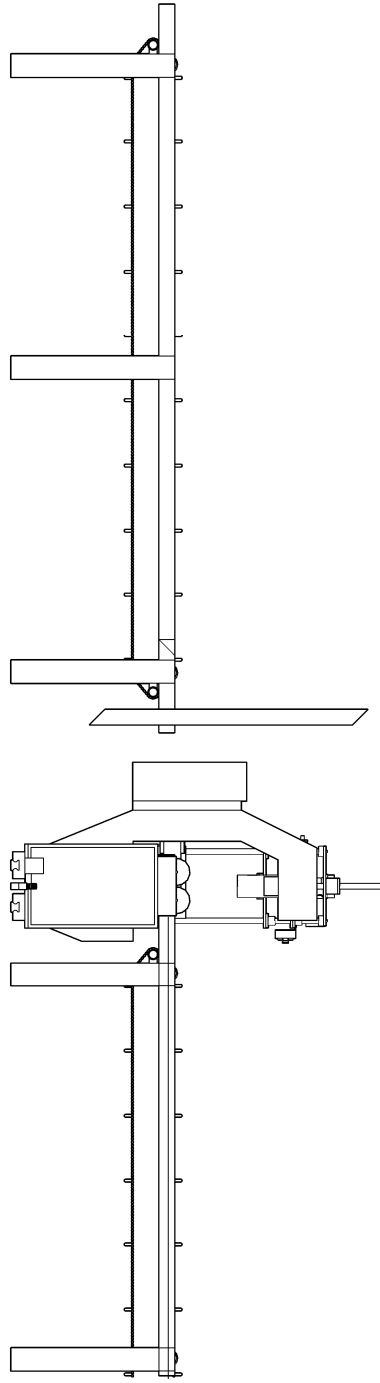
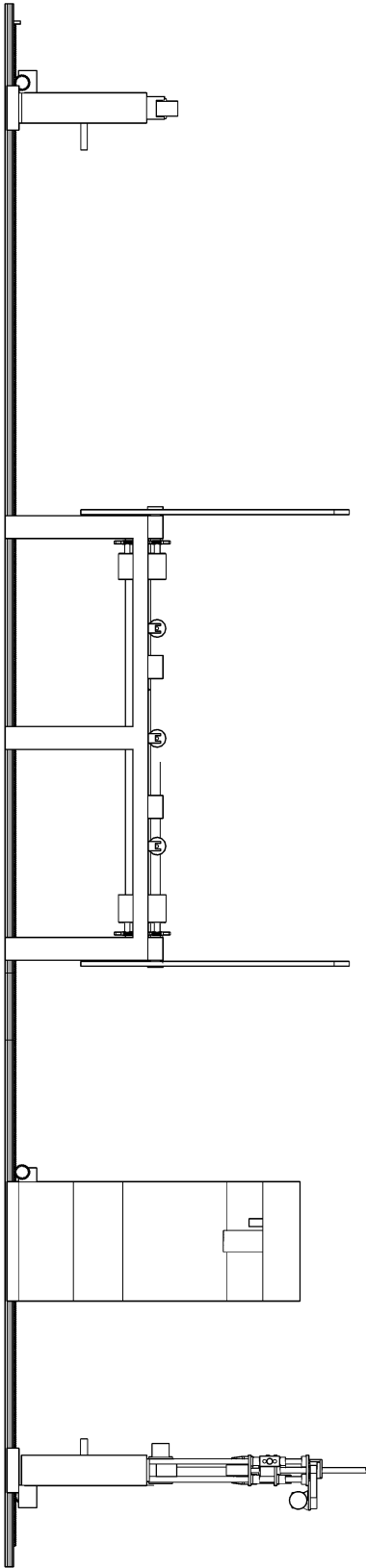



	Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL
	Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales		Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales
PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS		REALIZADO: Ferrández Apesqui, J. Joseba	
PLANO: CABEZA ENDEREZADORA FINAL		FECHA: 6-2012 ESCALA: 1:20 IN PLANO: A10.1	











Universidad Pública  
de Navarra  
*Universitate Publikoa*

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:  
ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE  
UNA ENDERIZADORA DE TUBOS

REALIZADO:  
Fernández Apesteguía, Joseba

PLANO  
DISEÑO FINAL

FECHA:  
6-2012

ESCALA:  
1:80

IN PLANO  
A10.4

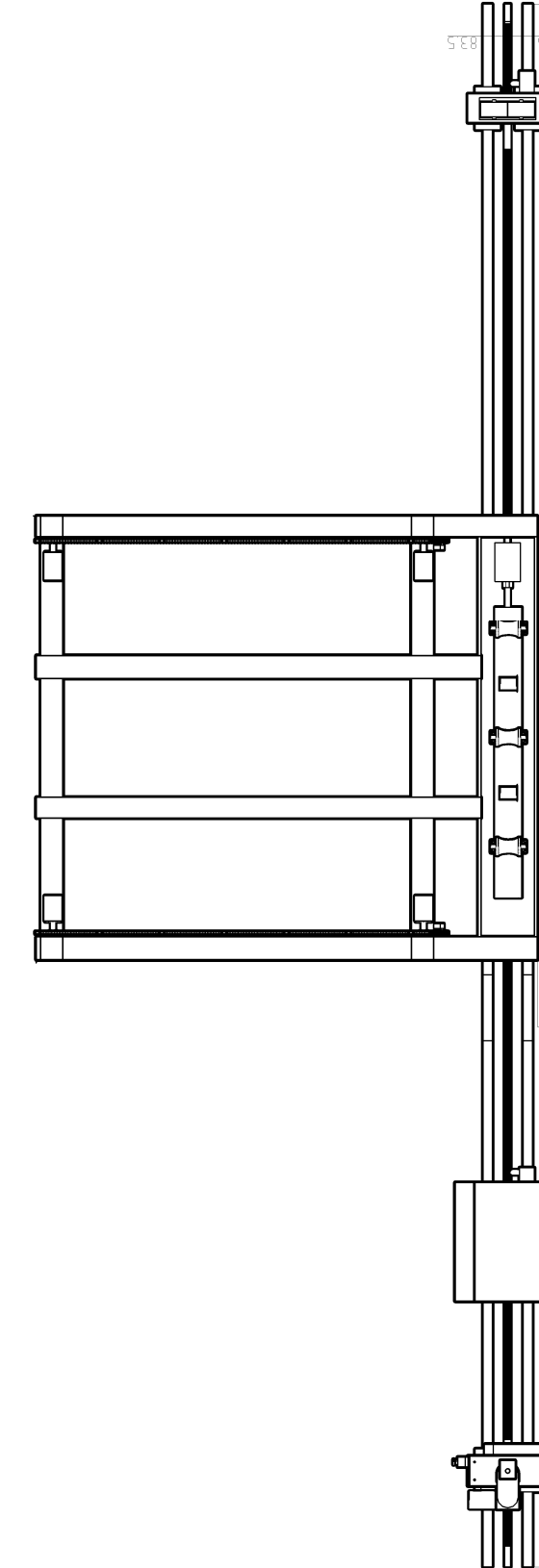


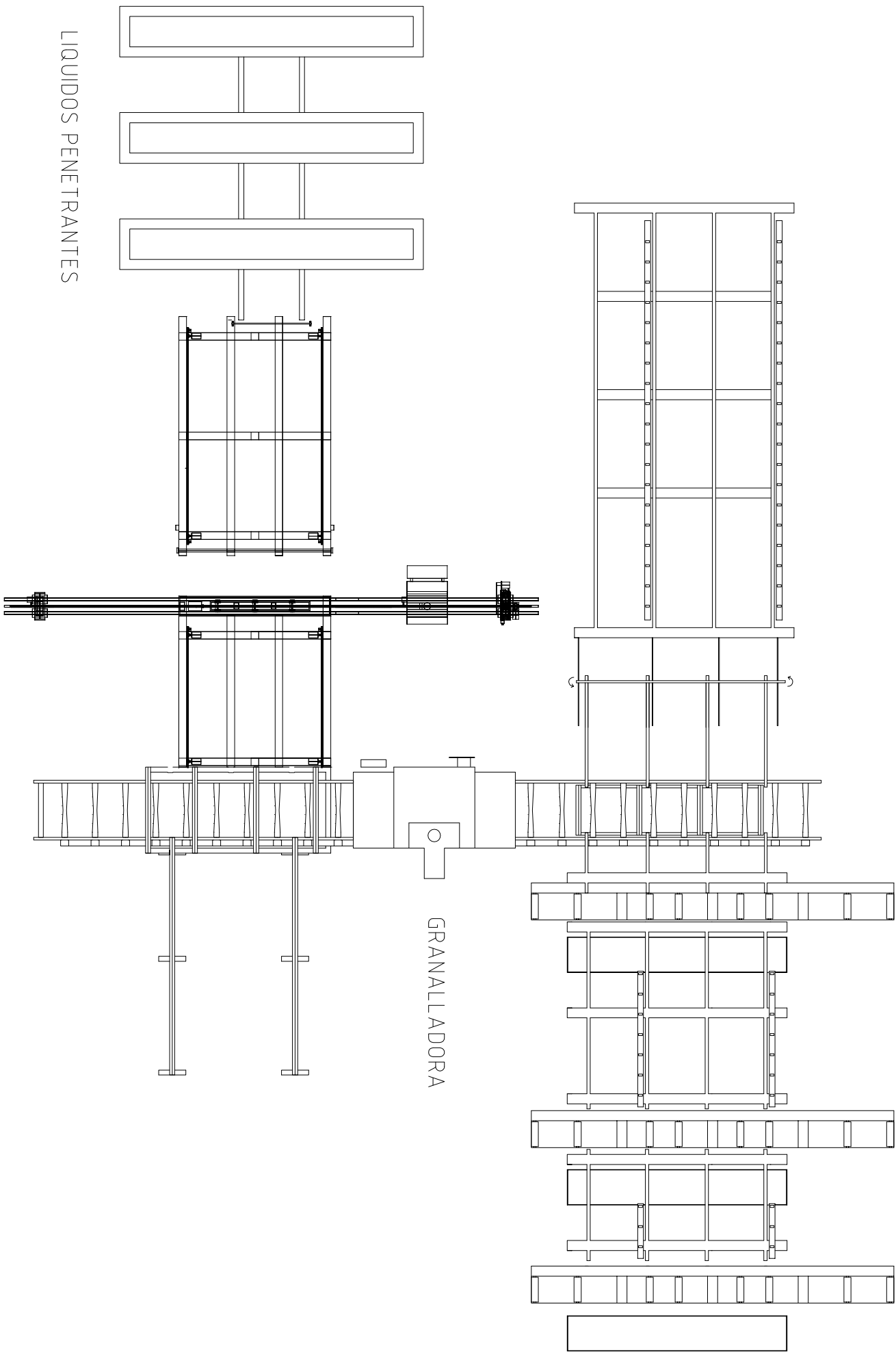
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES



FECHA:  
6-2012

ESCALA:  
1:80

IN PLANO  
A10.4



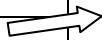


<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO INDUSTRIAL</div></div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</div>	
<div>PROYECTO: ADAPTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENDEREZADORA DE TUBOS</div>		<div>REALIZADO: Fernández Apesteguía, Joseba</div>		<div>FIRMA: </div>	
<div>PLANO: NUEVO LAYOUT DE ENDEREZADO</div>		<div>FECHA: 6-2012</div>	<div>ESCALA: 1:100</div>	<div>Nº PLANO: A11</div>	



## ANEXO 2: TABLAS

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4067	136-108,1	15,9	2	1,4	2	2	2
			4,9	4	1,3	2	1,6	3
			4,9	5	1,2	3	1,4	3
			4,1	6	1		1	
			3,3	7				
			3	8				
			2,3	9				
			2,9	7				
			2,6	8				
			2	8				
			1,7	9				
			1,7	10				
			2					
			2,3	6				
			2,7	5				
			2,2	7				
			2,3	8				
			2,3	9				
			2,3	10				
			1,6	10				
			1,9	11				
			1,7	11,5				
			1,6	12				
			1,6	12,5				
			1,9	13				
			1,4	14				
			1,4	14				
			1,6	15				
			1,4	16				
			1,3	16				
			1,3	17				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4073	136-108,1	15	2	1,9	2	2,6	2
			3,6	5	1,7	3	2,2	3
			3,6	7	1,4	4	1,9	4
			2,7	8	1		1,6	5
		Doblado 	3,5	6			1,4	6
			1,6	6			1	
			2	7				
			1,7	8				
			1,7	9				
			1,7	10				
			1,7	11				
			1,7	12				
			1,3					
			1,3	7				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4079	136-108,1	11,1	2	2,3	2	2	2
			3,9	5	1,4	2	1,4	2
			2,3	7	1		1,3	3
			1,3				0,9	
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4136	136-108,1	21,6	1	2,2	2	2,7	0,1
			14,3	2	1,9	3	1,3	0,1
			8,2	3	1,9	4	1,2	0,2
			5,1	4	1,4	4	0,6	
			5,1	4	1,6	5		
			4,6	5	1,3	6		
			4,5	6	1,3	7		
			2,6	8,2	0,9			
			2,2	9				
			2,2	10				
			2,5	10				
			1,9	10				
			2,2	11				
			1,4	12,6				
			1,4					
			6,5	3,3				
			3,9	5				
			3,8	6				
			2,2	9				
			2,2	10				
			1,9	11				
			1,4	12,6				
			1,7	12,6				
			1,4	14				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4137	136-108,1	16,9	2	4,6	1	2,2	0,1
			4,5	4,5	4,2	2	0,9	
			0,9		3,6	3		
					2,9	4		
					2,5	5		
			4,6	4	1,6	6		
			2,9	7	1,6	7		
			2,2	10	1,2	8		
			1		1,2	9		
					1,2	10		
					1			
			1,6	10,6				
			1,2	12				
			1,3	14				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4239	136-108,1	14,5	2	1,3	2	1	
			4,2	3	1,2	3		
			4,3	4	1,2	4		
			3,9	5	1			
			3,9	6				
			3,3	7				
			2,9	8				
			2,6	9				
			2,2	10				
			2,2	11				
			2,2	12				
			1,2	13				
			1					
			0,9					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4240	136-108,1	3,5	5	1,3	2	0,9	
		doblado	2,2	8	1			
			2,6	8				
			3,6	5				
			0,7					
			1,2	9				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4258	136-108,1	2,6	6	1,9	2	2,3	1
			1		1,6	3	0,7	
					1,4	4		
					1,4	5		
			4,9	4	1,3	6		
			2,5	7	1,2	7		
			2,2	8	1			
			1,9	9				
			1,9	10				
			1,2	11				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4259	136-108,1	17,1	2	1,3	4	0,7	
			4,5	3	1,3	5		
			2,9	6	0,7			
			2,2	8				
			1,9	9				
			1,9	10				
			1,4	11				
			1,4	12				
			1,3	13				
			0,9					
			1,6	10				
			1,4	11				
			1,4	12				
			1,4	13				
			1,4	14				
			1,2	15				
			1,2	16				
			1,2	17				
			1,4	15				
			1,2	16,5				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4260	136-108,1	20,1	2	3,6	2	0,9	
			3,6	6	3,3	3		
			1,7	9	2,3	4		
			1,3	11	2,5	3		
			1,3	12	2,5	4		
			1		2	5		
					2	6		
					1,4	7		
			1,2	10	1,4	8		
			0,4		1			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4263	136-108,1	10,9	2	1,7	2	0,7	
			5,4	4	1,3	2		
			4,2	5	0,9			
			3,2	6				
			2,5	8				
			2,7	7				
			2,2	9				
			1,7	9				
			1,6	10				
			1,7	11				
			1,7	12				
			1,4	12				
			1,4	13				
			1,3	14				
			1,4	15				
			1,3	16				
			1,2	17				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4264	136-108,1	5,8	3	0,9		0,7	
			2,2	8				
			1,3	10				
			1,2	11				
			1,2	12				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4270	136-108,1	12,7	2	3	2	0,7	
			4,9	4	2,6	3		
			3,6	5	2,5	4		
			2,5	6	2	5		
			2,5	7	1,9	6		
			2,3	8	0,9			
			2,2	9				
			2,3	10				
			1,9	10				
			1,6	11				
			1,6	12				
			1,4	13				
			1,4	15				
			0,7					
			1,4	9				
			0,4					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4271	136-108,1	7,7	2	0,7		1,6	1
			4,3	3			2,2	0,2
			3	4			0,7	
			3	6		doblado		
			1,6	8				
			1,7	9,5				
			1,3	11				
			1,2	12				
			0,7					
			6,9	2				
			6,1	3				
			4,6	4				
			4,3	6				
			2	8				
			1,6	10				
			1,3	12				
			1,6	12				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4272	136-108,1	11,1	2	1,7	2	1,3	0,3
			4,9	4	1,3	3	0,9	
			3,5	5	1,3	4		
			3,2	6	0,9			
			2,7	7				
			2,3	8				
			2,3	9				
			2	10				
			2,2	9,5				
		doblado	1,3	12				
			2	9,5				
			1,3	11				
			1,4	10,5				
			1,3	10				
			1,3	10,5				
			1,3	11				
			1,3					
			4,8	4				
			2,9	6				
			2,5	7				
			2,6	6,5				
			2,6	7				
			2,3	8				
			2,2	9				
			1,6	10				
			1,4	12				
			1,6	11,5				
			1,4	12				
			1,2	13				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4273	136-108,1	23	2	2,6	2	1,6	0,3
			4,6	4	2,2	3	1,3	0,3
			1,9	6	1,9	4	1,6	0,2
			1,6	7	1,6	5	0,6	
			1,6	8	1,4	6		
			0,9		1			
			3,8	4				
			3,6	5				
			3,5	6				
			3	7				
			2,3	8				
			2,6	7,5				
			2,3	8				
			2,2	8				
			2	8,5				
			2	9				
			2	10				
			1,9	11				
			1,9	12				
			1,4	13				
			1,3	14				
			1					



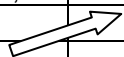
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4295	136-108,1	10,6	2	3,5	2	1,6	0,5
			5,9	2	2,9	3	1,3	0,2
			5,8	3	2,2	4	0,7	
			4,9	4	1,7	5		
			3,8	5	1,6	6		
			2,7	6	1,4	7		
			2,3	7	1,2	8		
			2,2	7	1			
			2,3	8				
			2	9				
			1,7	11				
			1,6	12				
			1,6	13				
			1,2	14				
			0,9					
			4,9	5				
			3,2	6				
			3,5	6				
			3,2	6				
			3,2	7				
			2,9	8				
			2,9	10				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4299	136-108,1	21	2	0,9		2,6	0,2
			11,3	2			1	
			6,8	3				
			5,1	4				
			4,9	5				
			2,9	6				
			2,7	7				
			2,6	8				
			2,3	10				
			1					
			3,6	6				
			2,9	7				
			3	8				
			2,5	9				
			2	10				
			2,2	12				
			2	14				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4300	136-108,1	15,6	2	0,6		2,6	0,2
			4,6	5			1,3	0,3
			1,9	8			0,6	
			0,7					
			5,9	4				
			3,8	6				
			3,2	7				
			3	9				
			1,4	11				
			1,2	12				
			1,3	12				
			1,2	13				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4314	136-108,1	12,3	2	1,7	2	3,2	0,1
			9,7	2	1,6	3	2	0,2
			6,2	3,6	1,3	4	1,2	0,2
			3	6	1,3	5	1	
			1,7	10,1	0,7			
			1,4	11,6				
			1,4	11,6				
			1					
			4,8	4				
			1,6	10,6				
			1,2	12,8				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4315	136-108,1	21,8	1	1,4	3	2,9	0,1
			14,8	2	1		1,3	0,2
			9	2,4			0,7	
			6,7	3,2				
			5,2	4				
			5,2	4				
			5,1	5				
			4,6	4,5				
			4,6	4,5				
			4,6	5,5				
			3,3	5,7				
			2,9	6				
			3,3	6				
			3,3	7				
			2,9	7				
			3,2	8				
			2,6	8				
			2,6	9				
			2,6	10				
			2,2	11				
			1,9	12				
			2	13				
			0,9					
			7,4	3,2				
			3	6				
			2,5	7,4				
			2	9				
			2,2	8,4				
			1,7	1				
			1,6	11				
			1,6	12				
			1,4	12				
			1,4	13				
			1,3	14				
			1,4	15				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4316	136-108,1	3	6	3,2	2	2,6	0,1
		doblado 	3,8	5	1,9	3	0,7	
			1		1,6	4		
					1,3	5		
					1,3	5,5		
			5,5	3,8	0,9			
			3,3	5,7				
			3,5	6				
			2,9	6				
			2,2	8,4				
			1,4	11,6				
			1,4	11,6				
			1,2	12,8				
			1,2	14				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4317	136-108,1	11,4	2	2	2	3,8	0,1
			3,5	5,5	1,6	3	2,2	0,2
			3,3	6	1,4	4	1,4	0,3
			1		1		1	
			8,1	3				
			3,2	6				
			1,9	9				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4360	136-108,1	14,8	2	1,6	2	3	0,1
			3,5	6,2	1,3	3	1,4	0,1
			2,6	8,2	1,3	4	0,4	
			2,2	9,4	1			
			2,9	7				
			2,3	8,5				
			2,5	9				
			1,9	10				
			1,7	11				
			1,6	11				
			1,4	12,6				
			1,3					
			10	2				
			9,5	2,2				
			9,5	3				
			6,9	3,5				
			6,4	4				
			6,4	5				
			3,3	7				
			3,3	8				
			2,9	9				
			3	10				
			1,9	11				
			1,4	12				
			1,6	13				
			1,6	14				
			1,4	15				
			1,6	16				
			1,3	17				
			1,2	18				
			1,3	19				
			1,3	20				
			1,2					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4361	136-108,1	18,4	2	1,6	2	2,9	0,1
			7,2	3,2	1,2	3	2,5	0,1
			1,7	11	1,3	4	1	
			1,2	12	1			
			1					
			8,8	2,4				
			8	3				
			6,8	4				
			4,9	5				
			4,6	6				
			3,3	7				
			2,9	8				
			2,6	9				
			2,6	10				
			2,2	11				
			2,2	12				
			1,4	13				
			1,7	15				
			1					


PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4392	136-108,1	20,5	2	0,7		1,6	0,1
			10,4	2			1,2	0,1
			6,7	3			0,9	
			6,1	4				
			4,3	5				
			3,6	7				
			2,6	8				
			2,5	9				
			2,2	10				
			1,9	11				
			2,2	12				
			1,4					
			1,3					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4393	136-108,1	7,1	3,2	0,7		1,7	0,1
			3,5	6,2			1	
			3,2	7				
			3,2	8				
			1,6	11,6				
			0,7					
			3,6	6				
			1,6	11,6				
			0,7					



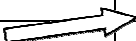
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4394	136-108,1	23,1	1	1		0,7	
			15,9	2				
			9,4	3				
			5,6	4				
			5,5	5				
			4,5	6				
			4,3	7				
			2,2	8				
			2,2	9				
			2,2	10				
			2,6	11				
			1,9	12				
			1,7	13				
			1,7					
			1,9	10				
			1,7	11				
			1,7	12				
			2	13				
			1,7	14				
			1,7	15				
		doblado	2	15				
			6,1	3				
			5,8	5				
			2,7	7				
			2,7	8				
			2,7	9				
			2,7	10				
			2,5	11				
			2,5	12				
			1,4	13				
			1,4	14				
			1,4	13,5				
			1,6	14				
			1,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4395	136-108,1	14	2	0,3		2	0,1
			4,8	4,8			1	
			3,9	5,5				
			3,5	6,5				
			3,2	7				
			2,7	8				
			2,7	9				
			2,2	10				
			2					
			2,9	7				
			2,2	10				
			1,6	11				
			1,6	12				
			1,4	13				
			1,4	14				
			1,4	15				
			1,3	16				
		doblado	2,2	8				
			1,7	10				
			1,4	12				
			1,2					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4396	136-108,1	8,5	2,5	2,2	3	1,7	0,1
			2,7	7	1,4	4,5	0,9	
			1,7	11	1,3	5		
			0,7		1			
			5,9	3,6				
			5,4	4				
			4,8	5				
			3,2	7				
			1,9	10				
			1,9	11				
			1,7	12				
			1,7	13				
			1,4	13,5				
		doblado 	2,9	7				
			1,7	10				
			1,7	11				
			1,6	12				
			1,6	13				
			1,7	12				
			1,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4397	136-108,1	25,4	1	2,6	2,5	3,3	0,1
			17,4	2	1,7	4	2,7	0,1
			9,5	3	1,2	4,5	2,3	0,1
			5,1	4	1,2	5	2,2	0,2
			4,8	5,5	1,2	5,5	2	0,3
			3,6	6	1,2	6	2	0,5
			3,5	7	0,9		1,9	1
			3,5	8			1,3	1,5
			2,5	9			0,7	
			2,3	10				
			2,3	11				
			2,2	12				
			2	13				
			1,9	14				
			1,7	15				
			1,4					
			4,1	5,5				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36028-5179-4852 MICRO RE1	4398	136-108,1	11,6	2	1,4	4	2,3	0,1
			5,1	4	1		1,4	0,2
			3,3	7			1	
			1,2					
			3,3	7				
			1,7	10				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3457	224-200	8	2	2,9	2	0,9	
			2	6	2,6	3		
			1,9	7	1,9	4		
			1,7	8	1,4	5		
			1,7	9	1,4	6		
		doblado 	2,2	7	1,3	7		
			2,2	8	0,4			
			2,2	6				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3462	224-200	4,6	3	2,3	3	0,6	
			0,9		0,9			
			1,4	7				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3463	224-200	7,7	2	2,3	1	0,9	
			3,3	3	2,3	2		
			3,2	4	2,2	3		
			2,9	5	1,7	4		
			1,7	6	1,4	5		
			1,4	7	1,2	6		
			1,2	8	1,2	7		
			1,2	9	0,7			
			1					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3467	224-200	10,3	2	2,6	3	0,9	
			1,9	5	1,9	4		
			1,9	6	1,7	5		
			1,9	7	1,2	6		
			1,4	8	0,9			
			1,4	9				
			1,4	10				
			1,2	11				
			1					
			0,9					

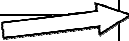
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3469	224-200	9,4	2	2	3	1	
			2,6	5	1,4	5		
			1,7	6	0,9			
			1,7	7				
			1,7	8				
			1,7	9				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3471	224-200	10,6	2	2	3	0,9	
			4,1	3	1,6	5		
			1,7	6	1,3	6		
			1,3	7	1,2	6		
			1,2	8	0,9			
			1,2	9				
			1,2	9				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3484	224-200	5,9	2	1,7	3	1,2	1
			2,7	5	1		1,9	0,3
			1,3	7			1	
			1,3	8				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5268-4852 Micro DR	3486	224-200	10,3	2	2,2	3	0,9	
			0,9		1,6	4		
					1,6	5		
					1,6	6		
			1		0,9			



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2301	224-200	15,2	1	3,8	2	0,7	
			11	2	3,5	3		
			3,2	4	2,7	4		
			2,5	5	2,2	5		
			2,5	6	1,6	6		
			2,5	7	1,3	7		
			2,2	8	1,3	8		
			0,9		1			
			1,6	9				
		doblado 	3,8	4				
			2,5	5				
			2,2	6				
			2,2	7				
			1,9	8				
			1,7	8				
			1,4	9				
			1,4	10				
			1,4	11				
			1,2	11				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2304	224-200	13,7	2	3,3	3	0,9	
			2,2	6	2,3	4		
		doblado	2,2	7	2	5		
			1,4	8	1,4	6		
			0,9		1,2	7		
					1,2	8		
					1			
			1,4	7				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2337	224-200	16,5	2	2,5	2	0,7	
			5,8	3	2,2	3		
			1,7	7	1,9	4		
			1,4	8	1,3	5		
			1		1,3	6		
					1			
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2304	224-200	13,7	2	3,3	3	0,9	
			2,2	6	2,3	4		
		doblado	2,2	7	2	5		
			1,4	8	1,4	6		
			0,9		1,2	7		
					1,2	8		
					1			
			1,4	7				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2337	224-200	16,5	2	2,5	2	0,7	
			5,8	3	2,2	3		
			1,7	7	1,9	4		
			1,4	8	1,3	5		
			1		1,3	6		
					1			
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2338	224-200	19,7	2	1,9	3	0,7	
			10	2	1,4	5		
			1,4	8	1			
			1					
			1,4	8				
			1,4	9				
			1,2	10				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2339	224-200	23,3	1	2,9	2	0,9	
			14,3	2	2,6	3		
			5,5	3	2,5	4		
			4,1	5	2,2	5		
			2,3	6	1,9	6		
			2	7	1,6	7		
			2	7	0,9			
			2,2	6,5				
			2,2	7				
			1,7	8				
			1,9	8				
			1,9	8,5				
			1,9	9				
			1,9	10				
			1,9	11				
			1,6	12				
			1,6	13				
			1,4	13				
			1,3	14				
			1,3	15				
			1,3					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2340	224-200	7,4	3	1,4	4	0,7	
			5,9	4	0,9			
			3,8	5				
			3,8	6				
			2,9	7				
			2,7	8				
			1					
			1,2	8				
			1,2	10				
			1,2	12				
			1,2	14				
			3	6				
			1,3	8				
			1,3	11				
			1,3	12				
			1,3	13				
			1,2	13,5				
			1,3	13				
			1,2	14				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2341	224-200	11,7	2	1,3	4	1,4	0,5
			3	6	1		0,9	
			2,7	7				
			2,6	8				
			2,7	9				
			4,1	4				
			1					
			1,2	9				
			1,2	10				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2343	224-200	20,1	2	4,3	2	0,9	
			13,7	2	3,9	3		
			4,6	3	2,9	4		
			2,9	4	2,3	5		
			2,2	6	2,2	6		
			2	7	1			
			1,4	8				
			1,4	10				
			0,9					
			2,3	7				
			1,2	9				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2345	224-200	12,9	2	2,5	2	0,7	
			1		2,3	4		
					1,6	5		
					1			
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2346	224-200	16,6	2	5,2	2	1,4	0,5
			6,2	3	3,6	3	0,9	
			3,3	4	2,6	4		
			2,3	6	2,2	5		
			2,2	7	2,2	6		
			0,7		1,2	6		
					1,2	7		
					1,2	7,5		
			1,7	8	1,2	8		
			1,3	9	1			
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36065-5269-4879 Micro DR	2347	224-200	16,6	2	1,7	4	1,3	0,5
			5,6	3	1		1	
			1,6	8				
			0,7					
			1,4	9				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1405	224-200	8,1	AUTO	A mano		A mano	
			0,9					
			2,2	AUTO				
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1412	224-200	14,8	AUTO	1,2	6	1,7	1
			4,5	AUTO	0,4		0,6	
			3,9	AUTO				
			3,8	5				
			2,5	7				
			2,7	7				
		doblado →	4,8	4				
			3	6				
			1,9	8				
			0,4					
			2,5	7				
		doblado →	3,6	4,5				
			1,3	8,5				
			1,3	9				
			1					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1414	224-200	11,6	AUTO	1,4	5	1,7	2
			1,7	AUTO	1,3	5,5	1,6	2
			1,7	AUTO	0,6		2,2	1
			2	AUTO			0,9	
			1,4	AUTO				
			1,6	AUTO				
			1,4	8,5				
			1,7	8				
			1,6	8				
		doblado	2,2	6				
			1,2	7,5				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1415	224-200	8,7	AUTO	A mano		A mano	
			1,3	AUTO				
			1	AUTO				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1417	224-200	7,8	AUTO	2,7	3,2	0,7	
			1,4	AUTO	1,3	5		
			1,2	AUTO	1,2	6		
			0,7		0,9			
			1,2	AUTO				
			1,2	AUTO				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1418	224-200	8,4	2	2,3	3,3	2,6	2
			4,5	3	1,4	5,5	1	
			1,4	5	0,6			
			1,2	6				
			1					
			4,8	AUTO				
			1,9	AUTO				
			1,4	AUTO				
			1,4	AUTO				
			1,4	5,5				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1452	224-200	7,1	AUTO	3,5	2,7	0,7	
			1,4	AUTO	1,6	3,5		
			0,7		1			
			1,4	AUTO				
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36071-5864-G4852 Micro DR	1463	224-200	9,3	AUTO		A mano		A mano
			1					
			1,7	AUTO				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	46	168,3-154	6,2	2	1,4	2	2,9	2
			2,2	3	0,7		1	
			1,9	5				
			1,9	6				
			1					
			1,3	6				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	47	168,3-154	7,7	2	1,9	2	3	2
			2,6	4	0,7		1,4	2
			2,2	6			1	
			1,2	7				
			1					
			1,6	6				
			1,2	7				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	48	168,3-154	14,5	2	2,2	2	2,5	2
			1,6	5	1		1,3	2,5
			1				0,6	
			1,4	5				
			1,2	6				
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	49	168,3-154	7,1	3	2,7	2	2	2
			2,7	3	1,2	2,5	1,3	2,5
		doblado	1,2	5	0,3		1	
			1,2	6				
			1,2	7				
			0,6					
			1,2	6				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	122	168,3-154	10,9	2	0,7		3,2	2
			2,3	4			0,4	
			2,2	5				
			2,2	6				
			2,2	7				
			1,6	8				
			1,4	9				
			1,3					
			2,6	5				
			2,2	6				
			2	7				
			1,6	8				
			1,4	9				
			1,6	10				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	123	168,3-154	12,4	2	1,7	2	2,3	2
			1,7	4	0,4		1,2	2
			1,6	6			0,7	
			1,3	7				
			1,4	8				
			1,2					
			1,9	4				
			2,3	5				
			1,9	6				
			2,2	7				
			1,4	8				
			1,2	9				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	124	168,3-154	2,3	5	1,6	2	3,6	2
			0,9		0,7		1,2	2
							0,7	
			2,2	5				
			1,2	7				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	143	168,3-154	9,4	2,2	1		2,3	2
			3,3	4,6			0,7	
			1,4	7,5				
			1,3	8				
			1,4	9				
			1,4	10				
			1,3	10				
			1,4					
			3	5				
			2,7	6				
			2,5	7				
			2,2	8				
			1,6	9				
			1,4	10				
			1,6	11				
			1,2	12				
			1,7	11				
			1					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	192	168,3-154	10,1	2	1,7	2	1,2	2
			4,8	4	1		4,6	2
			2,9	5,5			9,3	0,5
			3,3	5,5			3,8	1
			1,6	8			2	1,5
			1,6	8			4,2	1
			0,9				0,7	
			3,5	5				
			2,5	6,5				
			2	7,5				
			1,9	8				
			1,7	8				
			1,9	9				
			1,7	10				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	193	168,3-154	10,7	2	1,7	2	0,9	
		Demasiada cte }	3,9	4	1,4	2		
			2	7	1,2	2		
			3,6	5	1			
			4,6	3				
			3,6	4				
			2,2	6				
			1,9	6				
			1,6	6,5				
			1,7	7				
			1,4	8				
			1,6	8				
			1,6	9				
			1,2	10				
			1,3	10				
			1,2	11				
			1,2	12				
			1,2	13				
			0,7					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36085-99000424-4852	194	168,3-154	9,1	2,2	2,3	2	0,3	
			3,5	4	1,9	2		
			1,9	6,5	1,4	3		
			2,3	6	1,4	3		
			1,3	7,5	1,4	3,5		
			1		1			
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	43	292,3-266,7	1,4	2	1,2		0,6	
			1,3	3				
			1,4	4				
			1,3	5				
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	56	292,3-266,7	1,3	1	0,7		0,6	
			1,4	2				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	57	292,3-266,7	6,9	0,5	1,4	1	0,9	
			6,5	1	1,7	2		
			6,1	2	1,4	2		
			3,5	3	1,2	2,5		
			2,5	4	1,3	3		
			2,5	5	1,3	4		
			1,9	6	0,9			
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	58	292,3-266,7	7,4	1	1,4	1	0,9	
			5,2	2	1,3	2		
			3,2	3	1,4	3		
			2,5	4	1			
			1,9	5				
			1,4	6				
			1,9	6				
			1,9	6				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	59	292,3-266,7	3,6	2	1		0,4	
			2	3				
			1,3	4				
			1,4	5				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	60	292,3-266,7	8,7	1	2	2	1,2	2
			6,8	2	2,2	2	0,9	
			4,3	3	1,9	3		
			3,5	4	1,7	3		
			2,7	5	1,4	4		
			2	6	1,4	4		
			1,9	6	1,2	4,5		
			1,4	6,5	1			
			1,7	7				
			1,7	7,5				
			1,9	7,5				
			2	8				
			2,3	6				
			2	6				
			1,4	7				
			1,2	7				
			1,4	8				
			1,4	8				
			1					
			1,4	4				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	61	292,3-266,7	2,5	3	0,6		0,6	
			0,6					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	65	292,3-266,7	1,7	2	1		0,9	
			1,4	3				
			1,3	4				
			1,2	5				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	87	292,3-266,7	5,5	2	2,2	0,2	0,6	
			3,3	3,7	2,2	0,5		
			1,7	5,3	2,2	1		
			1,4	5,6	1,9	1,5		
			1,4	5,6	1,9	2		
			1,3	5,7	1,9	2,5		
			1,4	6	1,7	3		
			1,3	6	1,6	3,5		
			1,3	6,5	1,6	4		
			1,3	7	1,4	4,5		
			1,3	7,5	1,3	5		
			1,2	7,5	0,9			
			1					
			0,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	88	292,3-266,7	3,2	3,8	1,3	2	0,6	
			0,7		1,4	3		
					1,2	4		
					1,6	4		
			0,7		1,2	5		
					1,3	5		
					1			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	89	292,3-266,7	1,6	5,4	1,6	1	0,6	
			1		1,6	2		
					1,3	3		
					1,3	4		
			0,9		1,2	5		
					1,2	5		
					0,9			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	105	292,3-266,7	2,6	4,4	0,7		0,4	
			1					
			1,2	5,8				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	106	292,3-266,7	0,9		0,6		0,4	
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	107	292,3-266,7	1,9	5,1	1		0,4	
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	132	292,3-266,7	1,4	5,2	0,7		0,6	
			1,3	5,5				
			0,7					
			0,7					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	133	292,3-266,7	2,9	4	1		0,7	
			1,6	5				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	134	292,3-266,7	4,6	2	0,9		1	
			2,6	4,5				
			1,4	5,4				
			0,6					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	135	292,3-266,7	2,9	4	0,9		0,4	
			3	4				
			1,7	5				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	136	292,3-266,7	2,2	4,6	0,9		1	
			1,3	5,3				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	137	292,3-266,7	3,5	3,5	1		0,9	
			2	5				
			2,6	4,4				
			1,6	5,4				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	144	292,3-266,7	2,5	4,5	1		0,7	
			1,7	5,3				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	156	292,3-266,7	2,3	4,7	0,3		0,7	
			1,9	5,1				
			1,6	5,4				
			0,6					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	157	292,3-266,7	0,7		0,9		0	
							0,7	
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	158	292,3-266,7	3,2	3,8	1,2	0,5	0,9	
			1,3	5,7	1,2	1		
			1		1,2	2		
					1,2	2,5		
					0,9			
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	160	292,3-266,7	1,6	5,4	0,7		0,7	
			2,5	4,5				
			2,7	4,3				
			2	5				
			2	5				
			1,7	5,3				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	180	292,3-266,7	3	4	0,9		0,6	
			2,7	4,3				
			2,6	4,4				
			2,2	4,8				
			1,4	5,6				
			1,2	5,8				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	181	292,3-266,7	2,5	4,5	1,2	1	0,7	
			2,2	4,8	1			
			1,7	5,3				
			1,4	5,6				
			1					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	182	292,3-266,7	5,8	2	1,4	1	0,7	
			1,4	5,6	1,3	2		
			1,3	5,7	1,4	1,5		
			1,7	5,3	1,3	2		
			1,2	5,8	1,3	1,5		
			0,9		1,3	2,5		
					1,2	3		
					1,4	2,5		
			0,7		1,4	3		
					1,3	3,5		
					1,2	4		
					1,2	4,5		
					1			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	196	292,3-266,7	4,2	2	1,6	1	1	
			1,4	5,6	1,6	2		
			1,4	5,6	1,4	2		
			1		1,2	2,5		
					1,3	3		
					1,2	3		
			0,4		1,2	4		
					1			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	197	292,3-266,7	2,5	3,5	0,7		0,5	
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	219	292,3-266,7	1,9	4	0,9		0,7	
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	221	292,3-266,7	2,9	3,1	1		0,6	
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5658-60HTD	457	292,3-266,7	5,6	2	1,3	1	1,3	0,1
			2,2	4,8	1		0,6	
			3	4				
			3,2	3,8				
			2	5				
			1,4	5,6				
			0,7					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2001	288,9-266,7	1,9	5	0,3		0,7	
			0,6					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2002	288,9-266,7	6,8	1	1		0,6	
			6,1	2				
			3,8	3				
			2,9	5				
			1,4	6				
			1,3	7				
			1,2	8				
			1,2	9				
			1,3	8,5				
			0,9					
			0,9					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2005	288,9-266,7	1,3	7	0,4		0,7	
			1,7	5				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2006	288,9-266,7	3,8	3	0,7		0,6	
			0,4					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2007	288,9-266,7	7,1	2	1		0,9	
			1,4	5				
			1,3	6				
			1					
			1,2	6				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2008	288,9-266,7	1,3	4	0,9		0,7	
			0,6					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2024	288,9-266,7	2,3	3	1		1,3	0,3
			1,3	5			1	
			0,9					
			2,7	3				
			1,7	4				
			1,7	5				
			1,4	6				
			1,3	7				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2026	288,9-266,7	3,2	3	0,9		1	
			1,2	5				
			0,9					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2027	288,9-266,7	8,5	2	0,6		0,7	
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2028	288,9-266,7	3,8	3	0,6		0,4	
			0,4					
			0,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2029	288,9-266,7	8,1	2	0,6		1	
			0,9					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2030	288,9-266,7	1		0,7		1	
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2084	288,9-266,7	4,9	2	1,2	1	0,7	
			2,9	3,5	0,9			
			2,2	4,8				
			1,4	6				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2085	288,9-266,7	5,1	2	0,9		1	
			2,6	4				
			1,9	5				
			1,6	6				
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2100	288,9-266,7	3,2	2,3	0,9		0,6	
			2,2	4,7				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2101	288,9-266,7	3,9	1,5	1		0,7	
			3	3,5				
			1,3	6,8				
			0,9					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2102	288,9-266,7	3,6	2,3	1		1	
			2,2	4,7				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2103	288,9-266,7	2,9	3,1	0,6		0,7	
			1,3	6,4				
			1					
			1,2	6,6				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2104	288,9-266,7	5,4	2	1,4	0,5	0,9	
			2,6	4,1	1,2	1		
			2,2	4,7	1,2	1,5		
			1,9	5,2	0,9			
			1,2	6,6				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2105	288,9-266,7	3,9	2,1	0,9		0,4	
			2,2	4,7				
			1					
			1,2	6,6				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2106	288,9-266,7	3,8	2,7	0,9		0,7	
			1,9	5,2				
			1					
			1,3	6,4				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2107	288,9-266,7	5,8	2	0,9		1,2	0,1
			2,6	4,1			0,7	
			1,9	5,2				
			2,2	4,7				
			0,7					
			1,2	6,6				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2108	288,9-266,7	4,2	2,4	0,7		0,6	
			1,4	6,2				
			0,9					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2109	288,9-266,7	4,8	2,1	0,9		0,7	
			2	5				
			1,4	6,2				
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2154	288,9-266,7	4,3	2,3	1,2	1	0,7	
			2,5	4	1,2	1,5		
			1,7	5,5	1			
			1,2	6,6				
			1,3	6,6				
			1,3	7				
			1,2	7,5				
			1					
			0,9					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2155	288,9-266,7	4,6	2,1	0,9		0,7	
			2,7	4				
			1,7	5,5				
			1					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2158	288,9-266,7	3,9	2,5	1		1	
			1,9	5				
			1,2	6,6				
			1,4	6,2				
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2159	288,9-266,7	3	3,5	0,7		0,9	
			0,4					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2160	288,9-266,7	8,2	2	0,9		1,2	0,1
			1,7	6			1,2	0,1
			1,3	6,6			1,2	
			0,7					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2161	288,9-266,7	3,5	3	1,3	1,5	0,6	
			0,9		1,2	2		
					1			
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2162	288,9-266,7	2,9	3,5	0,7		0,7	
			0,4					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2186	288,9-266,7	6,2	2	0,7		0,7	
			2,2	4,7				
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2188	288,9-266,7	3,5	3	1,2	1	0,7	
			0,7		1			
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2193	288,9-266,7	3	3,5	1,3	1	0,7	
			1		0,9			
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2194	288,9-266,7	4,5	2,1	1		0,9	
			2,3	4,6				
			1,2	6,6				
			0,6					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2201	288,9-266,7	8,2	2	0,7		0,7	
			1					
			1,2	6,6				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2203	288,9-266,7	2,9	3,5	0,6		0,6	
			0,9					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2234	288,9-266,7	5,5	2	1		0,7	
			2,2	5				
			0,9					
			1,2	6,6				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2235	288,9-266,7	3	3,5	0,7		0,7	
			2,3	5				
			1,7	5,5				
			1,2	6,6				
			0,6					
			0,3					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2236	288,9-266,7	0,9		0,9		1,3	0,1
							1	
			2,5	4,2				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2243	288,9-266,7	1,9	5	1,2	1,3	0,9	
			1,4	6,2	0,9			
			1,3	6,4				
			0,9					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2244	288,9-266,7	1,9	5	0,7		0,7	
			1,2	6,6				
			0,7					
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2245	288,9-266,7	4,8	2	1,3	1,2	0,9	
			2,9	3,5	0,9			
			1,6	5,8				
			1,4	6,2				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5659-4879 MICRO DR	2246	288,9-266,7	6,1	2	0,7		0,9	
			2,3	4,5				
			1,4	6,2				
			1,2	6,6				
			1					
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8003	280,6-260	11,6	1	0,7		2,2	1
			7,1	2			1,9	0,5
			2,7	3			1	
			1,6	4				
			1,9	5				
			1,4	6				
			0,9					
			1,9	2				
			1,6	4				
			0,9					


PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8017	280,6-260	12	0,5	3,6	1	2,5	1.5
			9,8	1	3,2	1	2,9	1
		doblado →	6,5	3	3,2	1,5	2	1
			8	1	2,6	2	1	
			4,3	2	2,3	3		
			2,6	3	1,7	4		
			1,9	3,5	1,3	4		
			1		0,9			
			3,5	3				
			2	4				
			1,2	4,5				
			1,2	5				
			1					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8018	280,6-260	11,9	1	1,4	1	2,6	0,5
			6,4	2	0,4		1,2	1
			2,7	3			1,7	1
			2,7	4			1,6	1
			1,4	5			0,7	
			1					
			2,5	4				
			1,6	5				
			0,7					

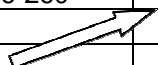
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8019	280,6-260	15,5	1	0,7		2,9	0,3
			5,4	2			1,4	1
			3,8	3			2	0,3
			2,2	4			0,9	
			1,6	5				
			1,6	5,5				
			1,6	6				
			0,9					
			1,7	4				
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8047	280,6-260	3,5	3	1,9	0,5	1,2	0,5
			2,6	4	1,4	1	1,3	0,5
			2,9	3	1		1,2	0,4
			2,3	4			0,9	
			2,3	4,5				
			0,9					
			1,4	4,5				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8068	280,6-260	3,3	2	1,3	0,5	0,9	
			1,9	4	1,2	0,5		
			2,2	4	0,7			
		doblado 	2,2	2,5				
			1,2	4				
			1,2	4				
			1					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8069	280,6-260	6,8	2	1,6	0,5	1,6	0,3
			3,8	2	1		0,9	
			0,9					
			3	2,5				
			1,9	3				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8074	280,6-260	5,9	1	1		1,9	0,5
			4,1	2			1,4	0,5
			1,9	3			1,4	0,4
			2,2	4			1,4	0,3
			0,4				1	
			1,9	4				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8076	280,6-260	6,5	2	1,2	2	1,6	0,2
		doblado 	3,5	2	0,9		1,3	0,2
			0,9				1,4	0,1
							1	
			2	3				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8077	280,6-260	4,1	2	0,9		1,4	0,3
			1,3	4			1,6	0,2
			1,4	4			1	
			1,3	4,5				
			1,2	5				
			1,2	5,5				
			0,9					
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8078	280,6-260	7,2	1	0,7		1,4	0,2
			3,8	2			1,7	0,1
			2	3			1,2	0,1
			1,9	3,5			0,7	
			1,4	4				
			1					
			2	3				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8079	280,6-260	5,1	2	2,5	0,3	1	
			0,9		1,7	0,5		
					1,6	1		
					1,4	1,5		
			0,7		1,3	2		
					1			


PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8108	280,6-260	4,8	2,2	1,7	0,3	1,2	0,1
			2,2	3,6	1,4	0,5	0,7	
			1		1,4	0,5		
					1,2	0,5		
					1,2	1		
			1,6	4,5	1,4	0,7		
			1,9	3,9	1,4	1		
			1		1,4	1,5		
					1,2	1,5		
					0,9			


PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36096-5661-4852 MICRO DR	8109	280,6-260	5,2	2	1,2	0,5	1,7	0,1
			2,2	3,9	1		1,2	0,1
			1,7	4,2			1,4	0,1
			1				0,9	
			1,4	4,8				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	159	88,9-76,1	10,7	2	3,6	1	1,4	1
			8,8	3	3,3	2	1,4	2
			4,5	4	3	4	1,2	3
			4,5	5	1,4	5	1,4	4
			4,2	7	1,4	6	1	
			2,3	8	1,4	8		
			2,3	9	1,3	9		
			2,2	10	1,4	7		
			2	11	1,3	7		
			1,6	12	1,2	8		
			1,3	13	1,3	9		
			1,3		1			
			2,2	8				
			1,3	10				
			1,2	11				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	161	88,9-76,1	17,5	2	1,6	2	3,5	1
			9,4	3	1,6	4	3,5	2
			7,1	4	1,2	5	3,2	3
			5,6	5	1,3	7	3	3
			4,5	7	0,9		2,6	4
			3,3	8			2,3	5
			2,6	10			2,3	7
			2,6	11			1,6	8
			2,6	12			0,9	
			1,9	12				
			2,2	13				
			1,7	14				
			1,7	15				
			1,4					
			1,4	10				
			1,6	12				
			1,2	14				
			1,3	15				
			0,9					




PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	162	88,9-76,1	37	1	2	4	4,5	2
			25,3	1	1,7	6	4,2	4
			25,2	2	1,3	8	3,2	6
			10,6	3	0,9		1,4	8
			8,8	4			1,6	9
			7,1	6			1,3	10
			5,9	8			1	
		doblado 	6,2	6				
			5,5	7				
			3,3	9				
			1,4	14				
			1,2	15				
			1,2					
			3,3	6				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	163	88,9-76,1	22,3	1	1,4	4	4,8	3
			19,4	2	1,4	7	3,6	4
			13,7	2,5	0,6		3,2	6
			8,4	3			1,7	8
			8,1	4			1,7	9
			6,4	5			1,3	10
			5,8	7			2	8
			2,3	9			1,6	9
			2,7	11			1,9	8
			1,9	13			1	
			1,9	15				
			1,9	14				
		doblado 	3,9	10				
			3,3	8				
			2	9				
			1,9	11				
			1,9					
			1,7	9				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	167	88,9-76,1	15,2	2	2,9	3	2,9	2
			8,7	3	1,7	5	2,6	4
			8,2	4	1,4	7	2,3	7
			5,1	7	0,9		0,9	
			2,6	7				
			2,2	10				
			2,5	12				
			1,4	14				
			1,3	15				
			1,2					
			2,2	9				
			1,3	11				
			1,3	12				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	174	88,9-76,1	20,7	2	1		3,9	2
			11,3	3			3,2	3
			7,5	4			3	4
			7,1	5			2,9	6
			4,6	7			1,6	8
			4,5	8			1,3	9
			3,6	9			1,3	10
			3,8	10			1,3	11
			2,9	11			1,2	12
			2,9	12			1	
			1,4					
			1,9	10				
			1,6	12				
			1,2	14				
			1,3	15				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	176	88,9-76,1	22,9	2	3,3	3	2,6	3
			11	3	2,3	5	1,4	5
			5,8	6	2	7	1,6	7
			4,9	7	0,7		1,4	9
			4,2	8			1,3	10
			4,1	10			1	
			1,4	12				
			1,4					
			1,4	10				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	178	88,9-76,1	16,3	2	3,5	3	5,5	2
			16,3	3	2,2	5	5,4	4
			5,5	7	1,7	7	2,9	6
		doblado 	2,6	8	1		1,4	8
			1,3				1,2	10
							1,3	11
							1,2	12
			3,2	7			1,4	13
			2,7	8			1,4	14
			2,6	9			4,6	5
			0,7				2,2	7
							2,2	9
							2,2	10
							1,4	11
							1,6	12
							1,2	

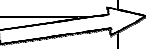
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	179	88,9-76,1	7,4	3	3,5	3	5,2	2
			3,8	5	2	5	4,6	3
			3,3	7	1,3	7	3,9	5
			2,9	9	1,3	9	1,3	7
			1,3	11	0,9		1	
			1,3					
			2,7	7				
			1					

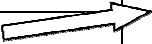
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000438-ET45 Micro	181	88,9-76,1	15,5	2	0,4		2,6	4
			11,4	3			2,2	6
			5,9	4			1,7	8
			5,8	6			1,4	10
			1,9	8			1,7	9
			1,9	11			1,3	10
			1,9	12			1	
			1,7					
			1,2	10				
			1,2	12				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1028	120,7-107,9	2,9	4	2,6	2	3,6	2
			2	6	2,2	3	3,2	3
			1,6	8	1,9	4	1,9	4
			1,2	9	1,2	5	1,9	5
			1,4	10	1,2	6	1,7	6
			0,9		0,9		1,4	6
							1,6	7
							1,3	
			3	4				
			2,2	5				
			2	6				
			1,6	7				
			1,4	9				
			1,3	10				
			1,3	11				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1029	120,7-107,9	15,6	2	2,7	3	4,8	2
			9	2	1,7	4	4,2	3
			8,5	3	1,7	5	3,3	4
			6,9	4	1,2	6	2,9	5
			6,2	5	1		2,2	6
			4,6	6			1,9	7
			3,6	7			2,2	7
			3,8	8			1,6	8
			2,5	9			1,4	9
			2,7	10			1,4	
			2,5	12				
			2,2	13				
			2,2	14				
			2,6	11				
			2,6	12				
			1					
			3	7				
			1,3	10				
			1					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1045	120,7-107,9	17,1	1	3,6	2	4,3	2
			14,9	2	3	3	4,2	3,5
			9,8	3	2,5	5	2,6	6
			6,9	4	1,4	6	2,2	7
			6,1	6	1,3	7	1,2	8,5
			2,2	10	1		1,4	8
			2	13			1,4	8,5
			2	15			1,2	9
		doblado 	4,5	7			1,6	8
			4,6	6,5			1,4	8
			4,2	7,5			1,4	
			2,6	9				
			2,6	11				
			2,2	12				
			2,2	13				
			1,9	14				
			1,6	15				
			1,9	15				
			1,9					
			3,8	7				
			1,2	10				
			1					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1046	120,7-107,9	23	1	3,5	2	3,6	3
			19,8	2	3,3	4	2,7	5
			11,6	3	1,4	5,5	2,2	7
			6,9	5	1,7	7	1,4	
			3,9	7	1			
			3,6	9				
			2,9	10				
			3,2	12				
			2,7	14				
		doblado 	11	3				
			7,2	5				
			5,1	7				
			3,9	8				
			3,6	9				
			3,6	11				
			0,9					
			4,2	8				
			5,9	6				
			3,5	9				
			2,2	10				
			1,9	12				
			1,9	13				
			1,7	14				
			1,6	15				
			1,7	16				
			1,9	13				
			1,6	14				
			1,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1049	120,7-107,9	25,2	1	4,3	2	4,1	3
			21	1,5	3,5	4	3,2	5
			16,6	2	2,2	5,5	1,9	7
			12,2	3	1,2		1,7	8
			8,2	4			1,4	
			1,9	9				
			2,5	8				
			2,7	9				
			2,3	10				
			2,5	11				
			2,3	12				
			2,2	13				
			2,3	14				
			2	15				
			2	16				
			1,9					
			4,2	5				
			2,6	7				
			1					

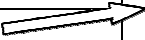
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1050	120,7-107,9	11,3	2	3,6	3	2,9	3
			8	3	1,7	5	2	5
			5,2	5	1,6	6	1,2	
			3,6	7	1,4			
			2,7	9				
			1,7	11				
			1,4					
			1,9	7				
			1,3					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1051	120,7-107,9	9,7	2	3,5	3	3	3
			6,8	3	2	5	2,7	5
			6,2	5	1,6	6	1	
			2,3	7	1,4			
			1,9	9				
			1,4					
			3,5	7				
			1,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000439-ET45 Micro	1052	120,7-107,9	13,7	2	3,2	3	3,5	3
			9,3	3	1,7	5	2,5	5
			5,2	4	1,4		1,7	7
			5,1	6			1,7	6
			2,3	9			1,3	
			2	11				
			2	12				
			1,9	13				
			2	14				
			1,2					
			3,3	7				
			1,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2021	168,4-152,4	31,8	0,5	7,7	0,5	1,9	1
			28,9	1	7,7	1	1,9	2
			16,8	2	7,4	2	0,7	
		doblado 	6,8	2	5,1	3		
			5,8	3	3,6	4		
			4,3	4	3	5		
			3,6	4	2,6	6		
			3,3	5	2	7		
			3,3	6	1,4	8		
			2,2	6	1,7	9		
			2,5	7	1,4	10		
			2	7,5	1,3	11		
			1,7	8	1,3	12		
			1,6	9	1,2	13		
			1,4	10	1			
			1,6	9,5				
			1,6	10,5				
			1,4					
			4,2	6				
		doblado 	8,7	2				
			5,8	4				
			2,5	6				
			2,2	8				
			1,6	9				
			1,7	11				
			1,3	12				
			1,3	13				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2023	168,4-152,4	33,7	0,5	4,1	2	2,3	1
			30,7	0,7	4,1	3	1,4	2
			27,8	1	3,2	4	1	
			18,5	1,5	0,9			
			12,7	2				
			9,4	3				
			5,8	4				
			5,8	5				
			2,9	7				
			2,9	8				
			2,5	9				
			1,9	10				
			1					
			3	3				
			1,3	5				
			1,3	7				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2024	168,4-152,4	27,5	1	4,5	2	2,2	2
			17,5	1,5	4,1	3	1,4	2
			10	2	2,7	4	0,9	
			9,5	2	2,6	5		
			9,5	2,5	2	7		
			7,4	3	0,9			
			6,9	4				
			2,3	5				
			2,2	7				
			2,2	8				
			1,6	10				
			1,6	12				
			1,4	13				
			1,3	14				
			1,3	13,5				
			1,3	14,5				
			1,3					
			3,9					
		doblado 	6,2					
			3,5					
			3,3					
			2					
			2					
			1,9					
			0,9					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2029	168,4-152,4	24,7	1	5,1	2	2,6	1
			17,5	1,5	4,8	3	1,3	2
			11	2	3,2	4	1,3	2
			9,1	3	3	5	1	
			4,8	4	2,5	6		
			4,8	5	1,9	7		
			4,6	6	2	8		
			4,9	5	1,4	9		
			3,3	6	1,4	10		
			3,9	6	1,2	11		
			1,3	9	1			
			1					
			5,2	3				
			3,2	4				
			2,7	5				
			2,7	6				
			1,9	7				
			2	8				
			1,3	10				
			1,4	11				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2030	168,4-152,4	36,9	0,5	4,3	3	2,7	1
			33,3	0,7	3,3	4	1,3	2
			29,9	1	2,5	5	1,7	2
			20,8	1	2,5	6	1	
			19,5	2	1,4	7		
			9,4	3	1			
			0,9					
			5,8	3				
			1,4	8				
			1,3	10				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2031	168,4-152,4	32,4	0,5	4,6	2	2,9	1
			29,7	1	4,2	3	1,7	2
			19,8	2	3,2	4	0,9	
			8	3	2,7	5		
			3,6	4	2,2	6		
			3,3	5	2,2	7		
			3	6	1,2	8		
			2,6	7	1			
			2,5	8				
			1,7	9				
			1,6	11				
			1,6					
			4,9	3				
			1,3	5				
			1,3	7				
			1,3	9				
			1,3	11				
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2032	168,4-152,4	26,9	1	4,9	2	1,7	2
			17,9	2	4,5	3	1,4	2
			9	3	3,2	4	2	2
			2,7	5	2,9	5	0,9	
			1,2	8	2,2	7		
			1		1,9	8		
					0,4			
			5,8	3				
			2	5				
			2	7				
			1,9	8				
			1,2	10				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2035	168,4-152,4	30,2	1	4,6	3	2,2	1
			21,7	2	3,6	4	1,4	2
			2,3	5	3,3	5	1,6	2
			1,9	7	2,6	7	0,6	
			1,4	9	1,7	8		
			1,3	10	1,6	9		
			1,3	11	1,4	10		
			1,2		1,2	11		
					1,2	12		
					1,2	13		
			3,6	3	0,9			
			2,7	4				
			2,5	5				
			1,9	7				
			1,2	9				
			1,3	10				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2036	168,4-152,4	15,9	2	4,2	3	1,9	1,5
			5,1	4	2,9	4	0,9	
			3,2	5	2,6	5		
			3	7	2,3	7		
			2,7	8	1			
			2	9				
			1,9	10				
			1,4	11				
			1,4					
			4,2	3				
			3,3	5				
			2,6	7				
			1,3	9				
			1,3	11				
			1,3	12				
			1,2	13				
			1,2	14				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2038	168,4-152,4	36	0,5	5,1	3	2	1,5
			32	1	4,3	4	1,2	2
			21	1,5	3,3	6	1	
			13,6	2	1,7	7		
			9,5	3	1,2	9		
			6,5	4	1,2	10		
			4,8	5	1,2	11		
			4,8	6	1,2	12		
			2,7	7	1,3	13		
			2,5	8	0,7			
			2,2	9				
			2	10				
			1,7	11				
			1,7	12				
			1,7	13				
			1,3	14				
			1,2	15				
			1,2					
			4,1	4				
			1,2	8				
			1,4	9				
			1,3	11				
			1,2	12				
			1,3	13				
			1,2	15				
			1,2	16				
			1,2	17				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36110-99000440-ET45 Micro	2039	168,4-152,4	28,9	1	4,9	3	2,3	1
			19,4	1,5	4,3	4	1,7	1,5
			14,2	2	3,2	5	1,4	2
			8,2	3	2,9	6	1,2	2
			7,2	4	2,5	7	0,7	
			4,3	5	1,9	8		
			4,3	6	1,7	10		
			4,3	7	1,2	11		
			1,7	8	1,2	12		
			2	9	1,2	13		
			2	11	1			
			1,3	11				
			1					
			4,2	3				
			1,4	8				
			0,4					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36140-99000495-G4852 MicroET1	1024	112,6-95	37,3	1	3,5	2	1,4	0,5
			25	1,5	3,2	3	0,6	
			21,1	2	3,2	4,5		
			17,9	2,5	2,6	6		
			5,9	3	2	8		
			5,9	5	1,3	9		
			5,9	6	1,4	10		
			5,1	7	1			
			4,5	8,5				
			4,3	9				
			2,7	11				
			2,6	12				
			2,6	13				
			2,6	15				
			0,7					
			1,6	11				
			1,6	13				
			1,2	14				
			1					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36140-99000495-G4852 MicroET1	1025	112,6-95	24,9	1	0,7		2,6	0,5
			19,4	1,5			1,7	1
			15,9	2			1,2	1
			13,3	2,5			0,9	
			11,4	3				
			8,5	4				
			6,9	5				
			5,4	6				
			4,5	7				
			4,2	8,5				
			3,6	9,5				
			3,5	11				
			2,2	12				
			1,2					
			4,6	6				
			3,3	7				
			2,7	9				
			2,6	10				
			2,5	11				
			2,5	12				
			2,3	13				
			2,7	14				
			1,2					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36140-99000495-G4852 MicroET1	1092	112,6-95	3,6	3,5	9,4	1	2,2	0,5
			1		7,5	1,5	0,7	
					6,4	2		
					6,1	2,5		
			2,3	4	4,9	3		
			2,2	5	4,5	4		
			2	6	2,9	5		
			1,9	7	2,7	6		
			1,3	8	2,6	7		
			1,6	9	1,6	8		
			1,6	10	1,6	9		
			0,3		1,6	10		
					1,9	11		
					2	9		
					2	7,5		
					1,2			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36140-99000495-G4852 MicroET1	1094	112,6-95	34,1	1	6,8	2	2,3	0,5
			21,4	1,5	5,1	3	1	
			19	2	4,2	4		
			14,8	2,5	3,5	5		
			7,4	3	2,9	6		
			7,4	3,5	2,7	7		
			7,4	4	1,9	8		
			7,4	4,5	2	9		
			6,2	5	1,9	10		
			6,2	6	1,2			
			3,8	7				
			3,8	8				
			3,5	8,5				
			3,3	9				
			3,3	10				
			3,2	11				
			2,2	11				
			1,9	12				
			1,9	13				
			1,7					
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
36140-99000495-G4852 MicroET1	1095	112,6-95	20,4	1,5	4,6	0,5	1,3	0,5
			7,4	2	4,2	1,5	0,4	
			7,4	4	4,1	2		
			4,8	3	3,8	3		
			1,7	6	2,9	4		
			1,4	8	2,5	5		
			1,4	9	2,2	6		
			1,2	9	1,7	7		
			0,9		1			
			2,9	4,5				
			0,6					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	316	150,8-133	33,9	0,5	6,2	0,5	2,3	0,5
			30,5	1	5,9	1	1,7	1
			22,9	1,5	5,6	1,5	1,7	1,5
			15,5	2	5,4	2	0,7	
			11,7	3	4,6	3		
			6,9	4	3,9	4		
			6,9	6	2,7	5		
			3,9	4	2,7	6		
			1,4		1,3	7		
					1,3	8		
					1,2	9		
			2,9	6	1,2	9		
			1,6	8	1			
			1,6	9				
			1,3	10				
			1,2	11				
			1,2	13				
			1,2	15				
			0,7					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	417	150,8-133	11,3	2	2,5	2	2,7	1,5
			7,5	2	2,3	3	0,9	
			7,4	3	2,3	4		
			6,2	4,5	2,3	6		
			2,9	7	1,3	8		
			2	8	1,3	9		
			1,6		1,3	10		
					0,7			
			4,1	5				
			2,9	6				
			2,9	8				
			2,2	9				
			2,2	11				
			1,9	13				
			1,2	15				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	434	150,8-133	20,3	1,5	2,3	3	3,2	1,5
			12,2	2,5	2,7	2	1	
			8,4	3,5	2,6	2,5		
			7,8	5	2,6	4		
			2,3	8	2,5	6		
			1		1,7	7		
					1,7	8		
					1,3	9		
			6,8	4	1,3	10		
			4,6	6	1,2			
			3,9	8				
			2,6	10				
			2,5	12				
			2,2	13				
			1,9	15				
			0,9					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	437	150,8-133	12,3	2	1,4	3	3,2	0,5
			8,1	3	1,4	4	2,5	1
			6,5	4	1,4	5	1,6	2
			5,1	5	1,3	6	1,2	3
			4,1	7	1,3	7	1,2	2,5
			2,2	9	1,2	8	1	
			2,2	10	1,2	10		
			2	12	1			
			1,9					
			8,7	3				
			8,1	5				
			2,9	7				
			2,5	9				
			1,9	11				
			1,2	13				
			1,2	15				
			1,2	17				
			0,7					



PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	440	150,8-133	20,1	2	1,7	3	2,2	2
			4,2	6,5	1,6	5	1	
			3,9	8	1,4	6		
			2,2	9	1,3	7		
			1		1,4	8		
					1,2	9		
					1,2	10		
			5,9	5,5	1			
			3,5	8				
			1,4	10				
			1,4	12				
			1					

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	443	150,8-133	22,1	2	0,9		1,4	2
			9,4	2			0,9	
			6,9	4				
			2,2	4				
			2	7				
			1,9					
			2,2	5				
			2	7				
			2	9				
			1,7	11				
			1,4	12				
			1,2	13				
			1,2	15				
			1					

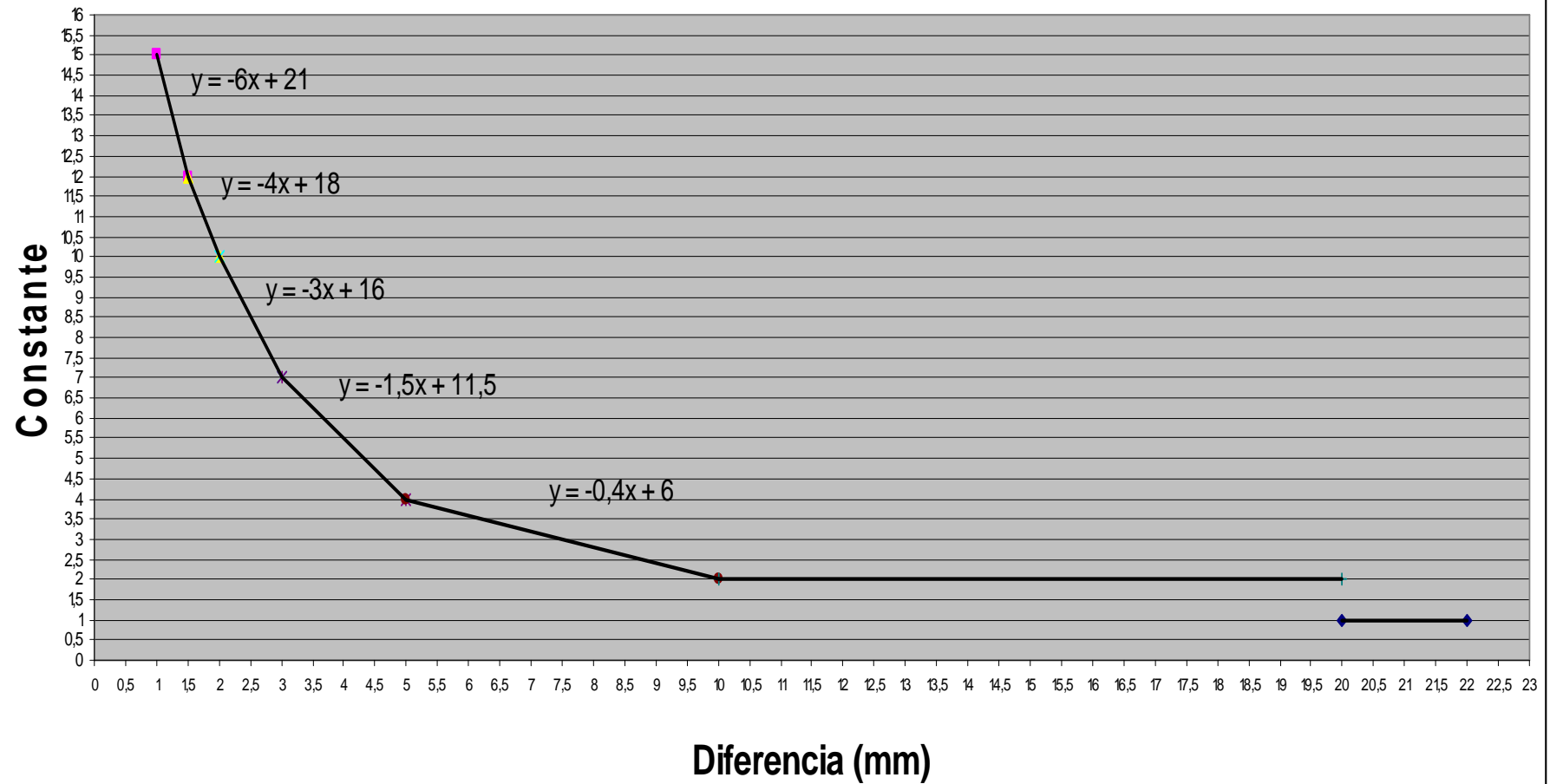
PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	456	150,8-133	12,9	2,5	3,9	2	3,9	1
			2,9	5	3,3	3	2,2	2
			2,7	7	3,2	5	1,2	3
			2,5	9	1,7	7	0,7	
			2,3	11	1,6	9		
			1,4		1,4	11		
					3,6	3,5		
					3	5,5		doblado
			6,5	3,5	2,5	7		
			2,9	6	1,9	9		
			1,9	10	2,2	7		
			1,4	11	1,9	8		
			1,2	12	1,9	8		
			1,2		1,7	9		
					1,6	10		
					1,4	11		
					1,7	10,5		
					1,3			

PEDIDO-POS-CALIDAD	Nº TUBO	ØEXT- ØINT	CENTRO		IZQUIERDA (B)		DERECHA (A)	
			DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE	DIFERENCIA	CONSTANTE
37008-99000507-G4852 MicroRE1	459	150,8-133	15,8	2	3,2	2	3,9	1
			5,9	5	3,2	3	2,3	2
			3,6	7	3	3	1,4	3
			3	8	3	5	1,2	
			1,3		2,2	7		
					1,7	9		
					0,9			
			9,5	3,5				
			3,5	6				
			1,6	8				
			1,3	10				
			1					

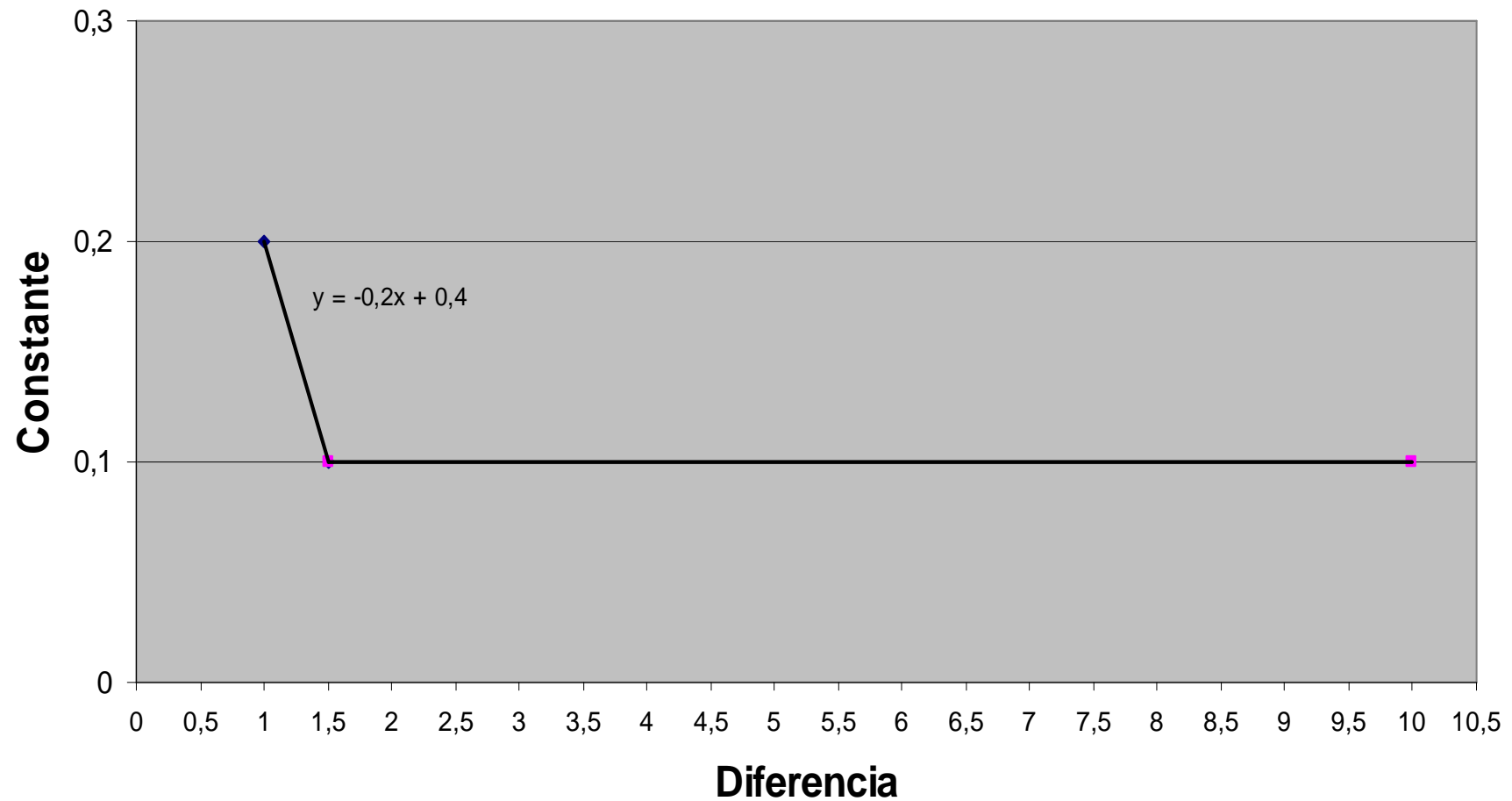


## ANEXO 3: GRÁFICOS

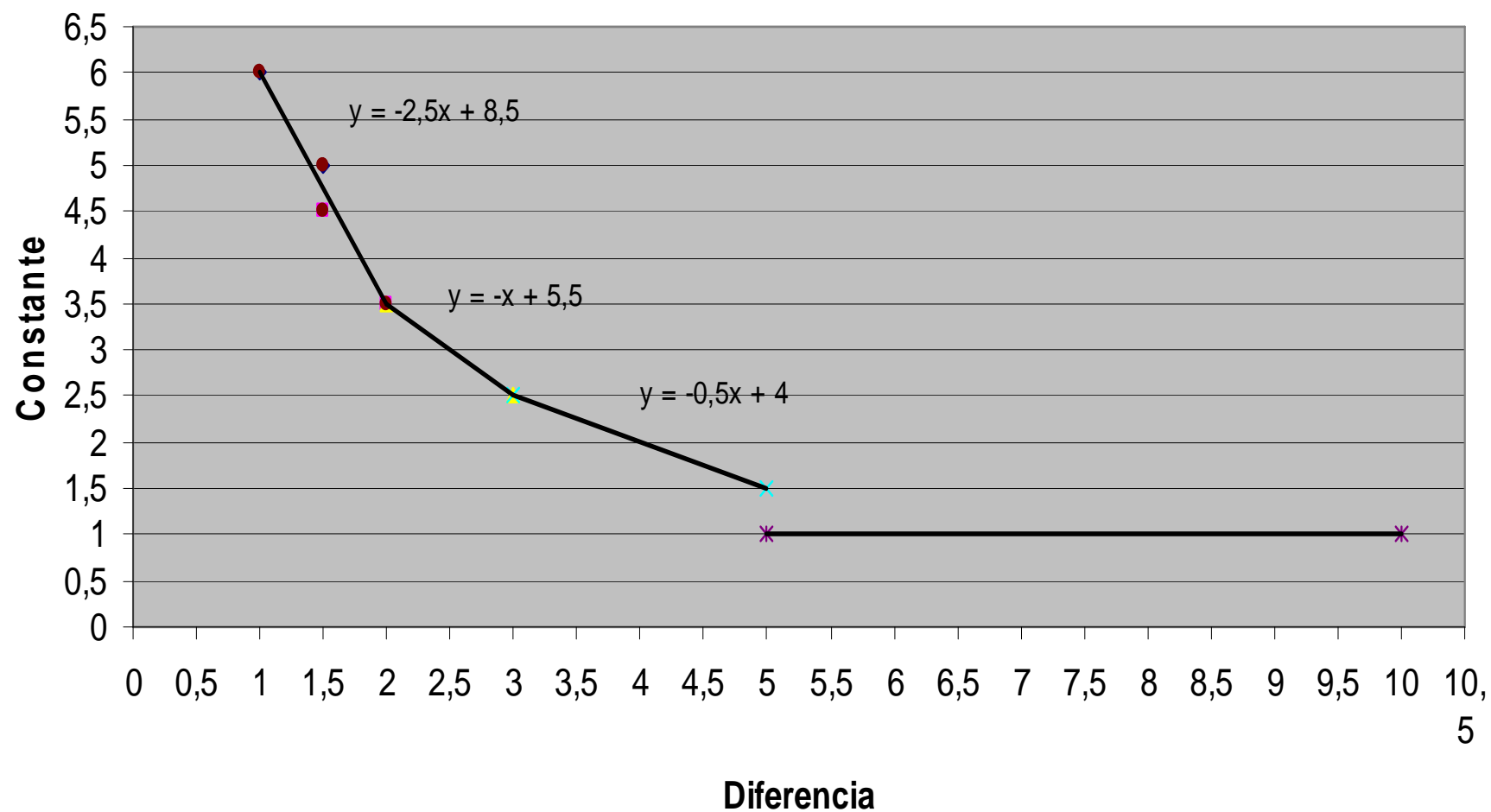
## 36028-5179-4852 Micro RE1



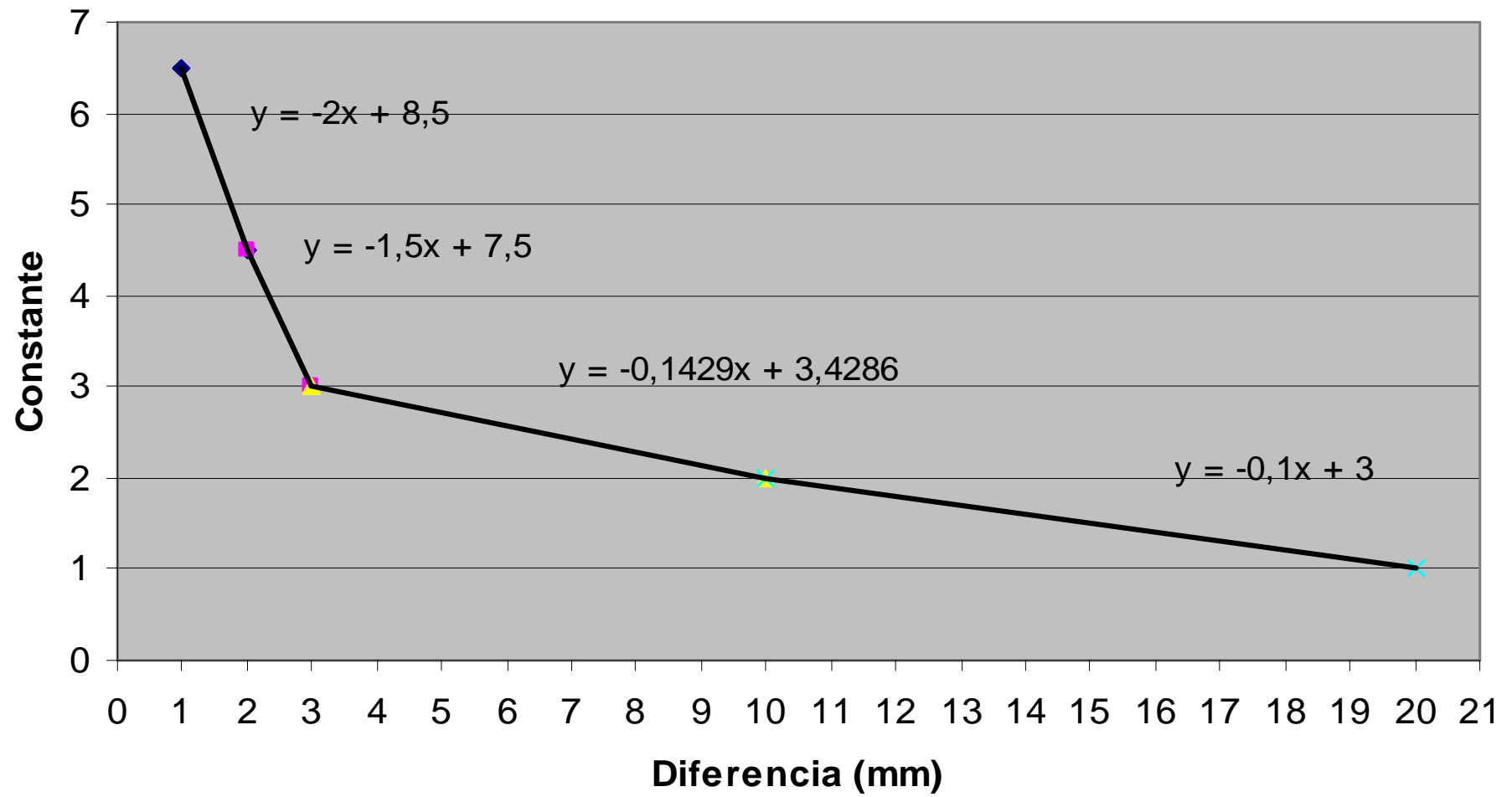
## 36028-5179-4852 Micro RE1 (Lado A)



## 36028-5179-4852 Micro RE1 (Lado B)

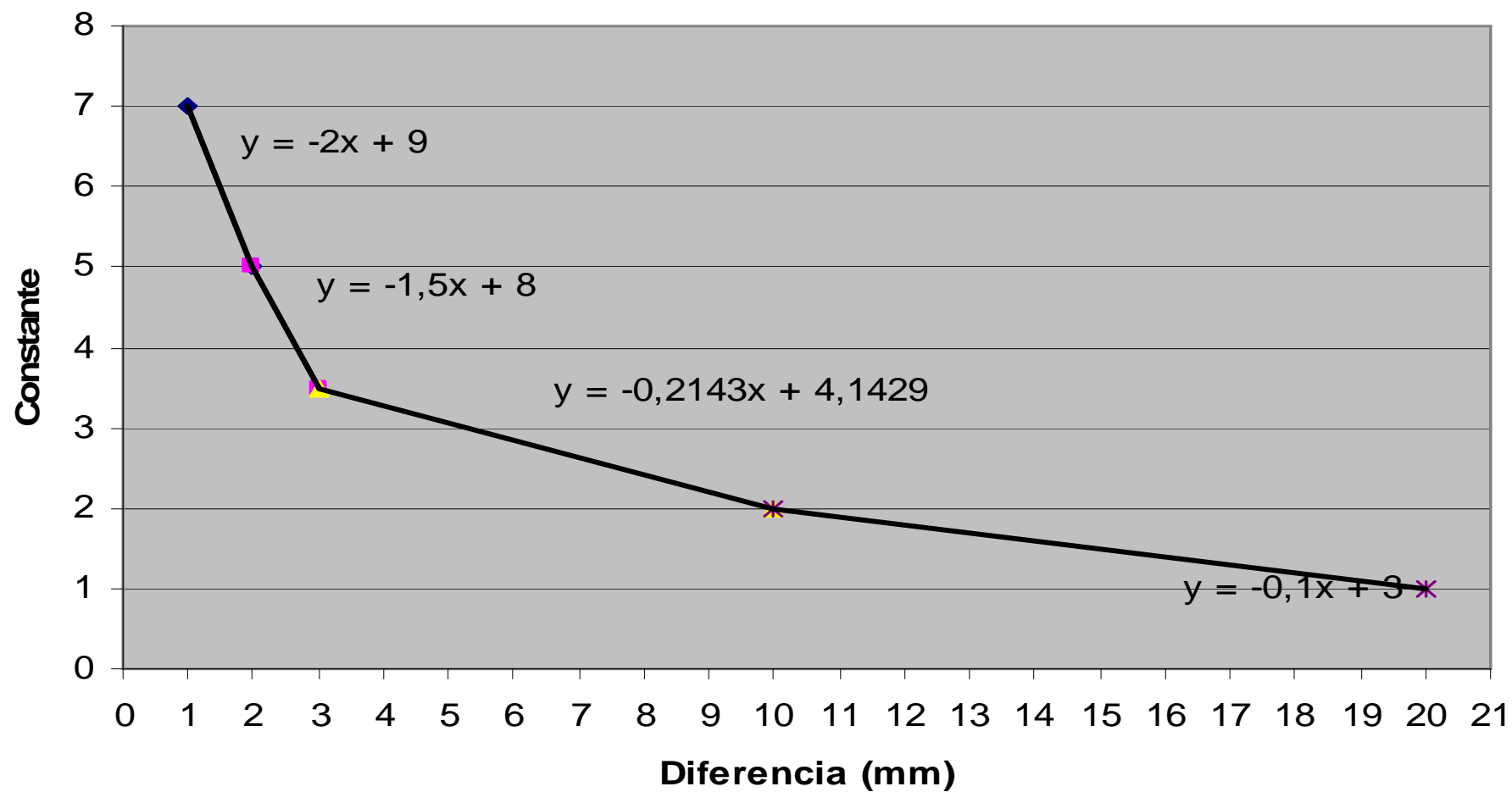


### 36065-5268-4852 Micro DR [0-5]

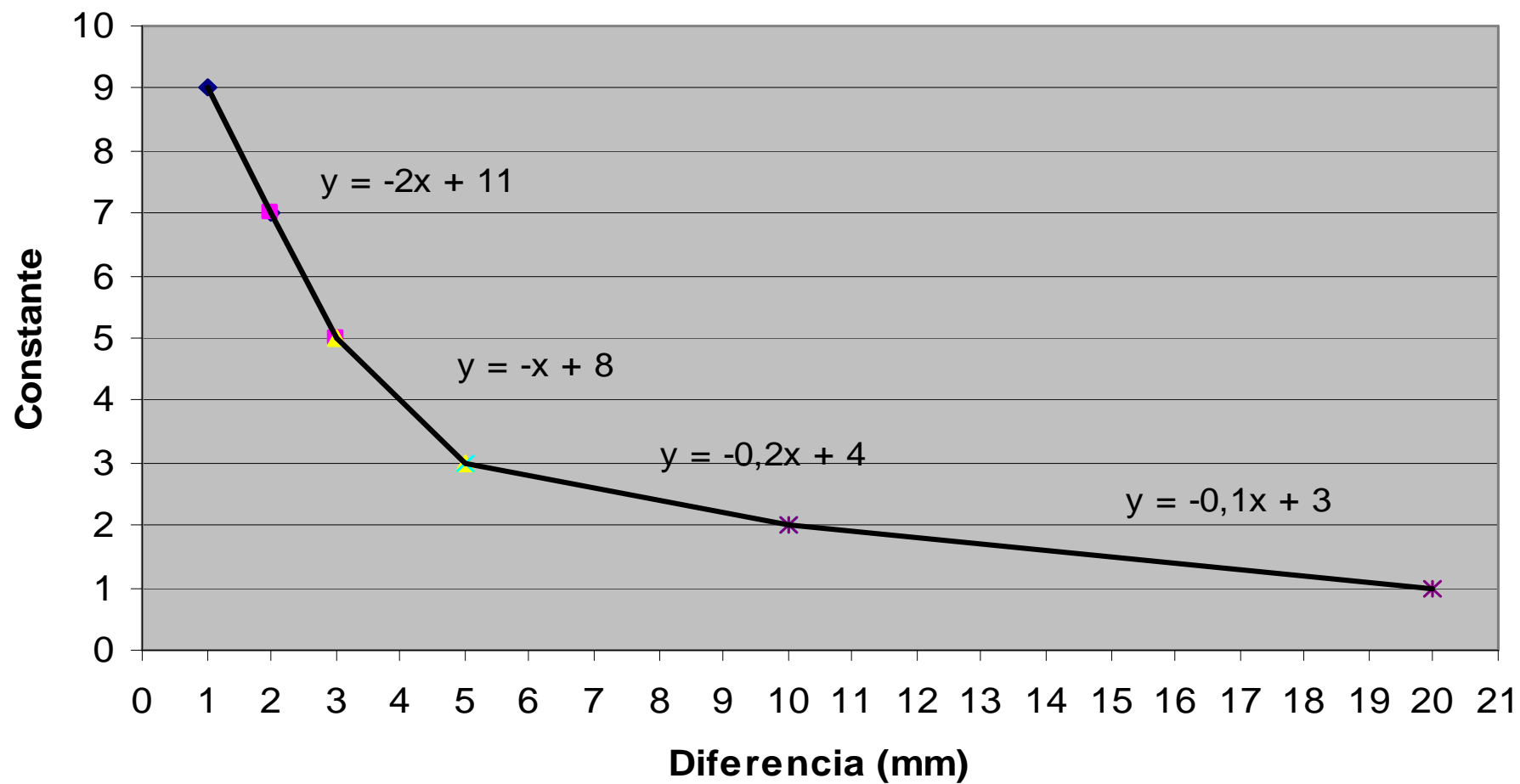




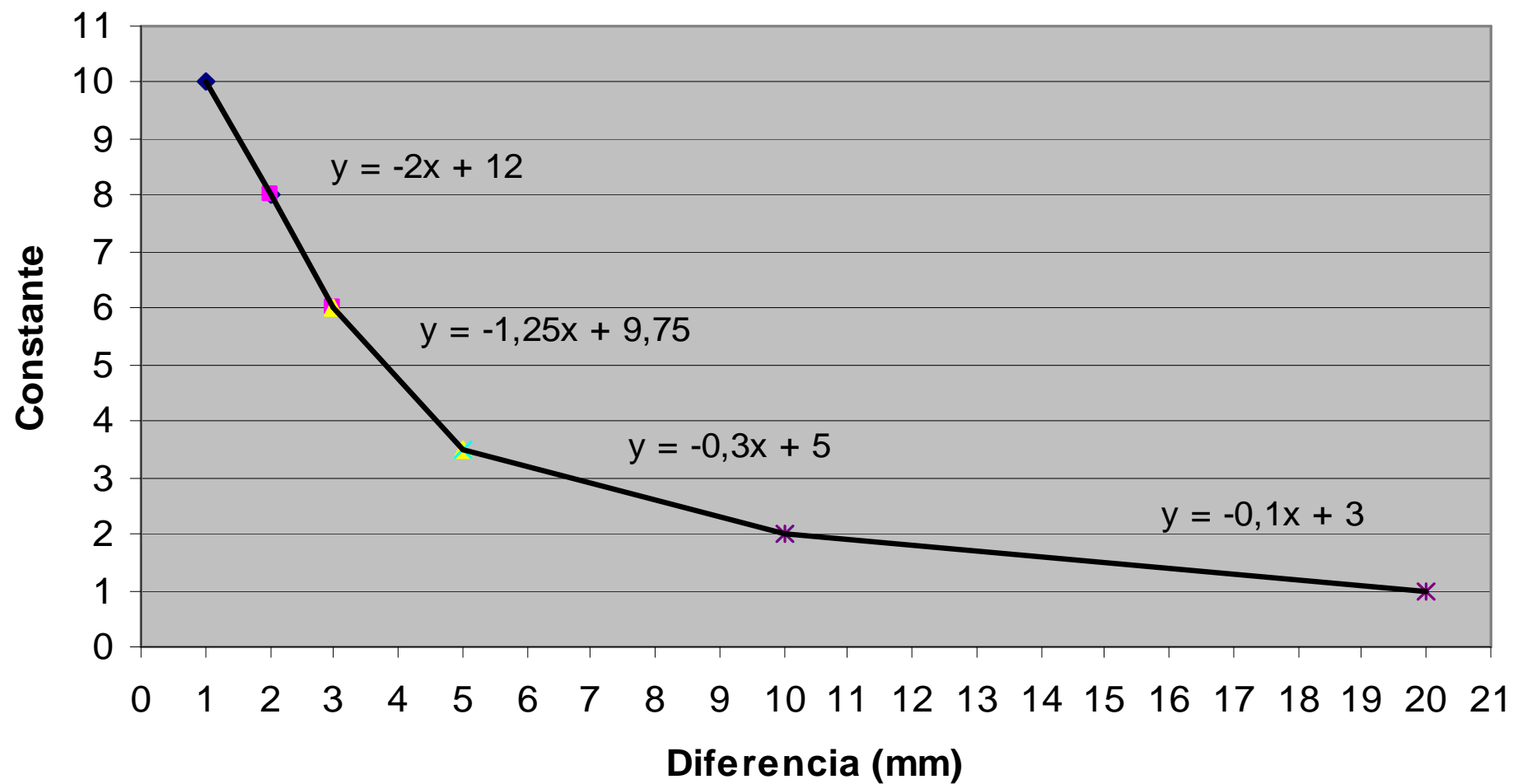
### 36065-5268-4852 Micro DR [5-10]



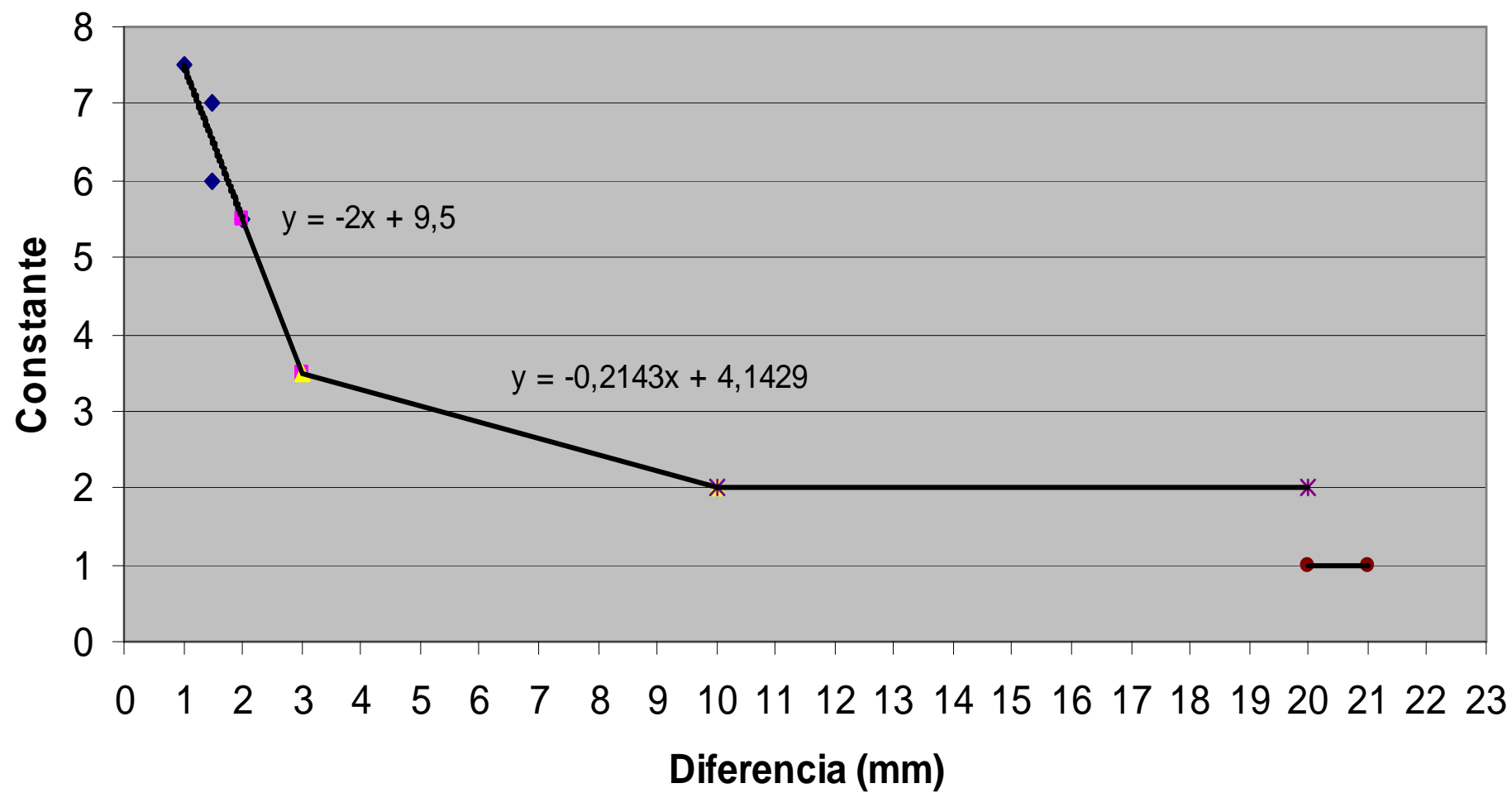
### 36065-5268-4852 Micro DR [10-15]



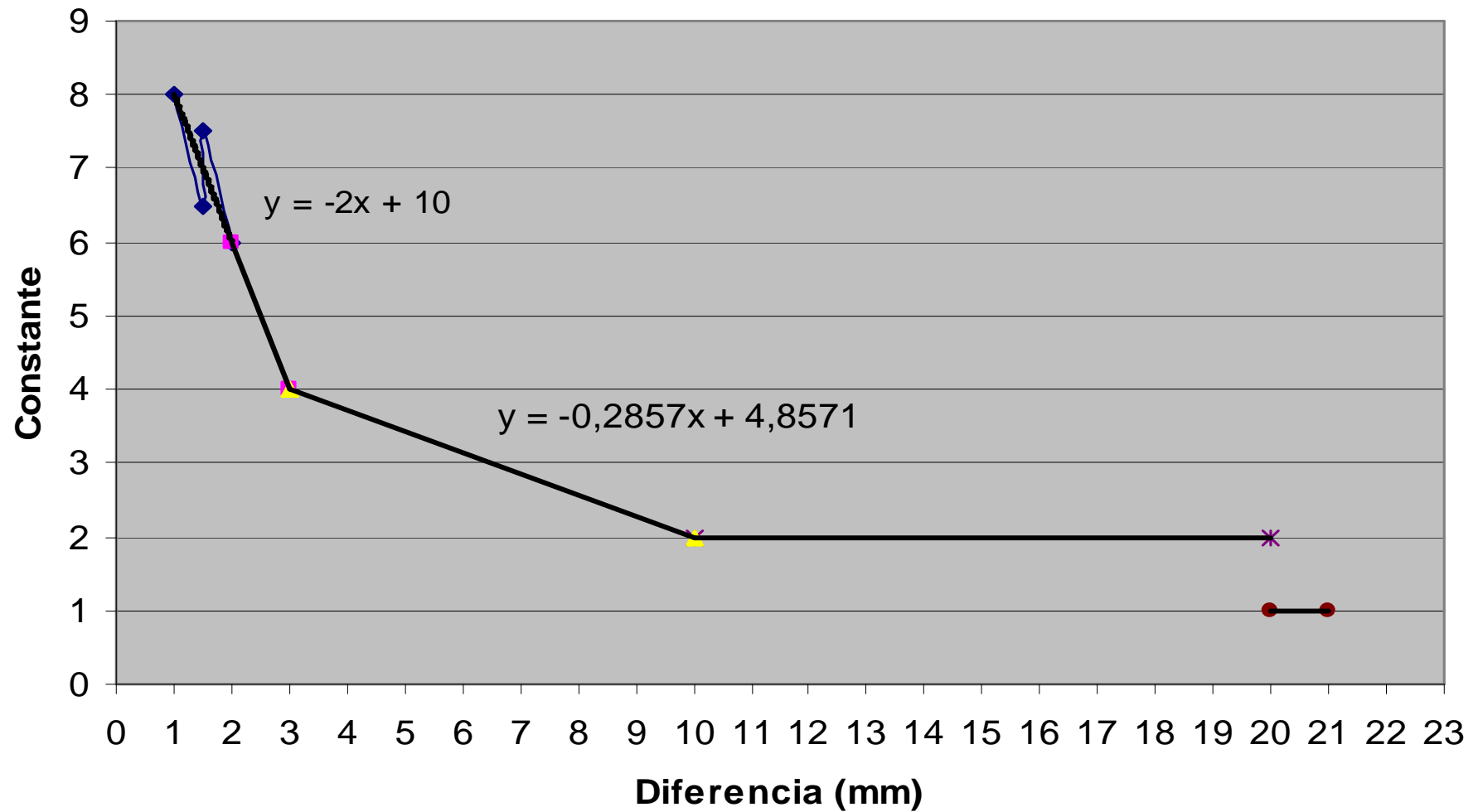
### 36065-5268-4852 Micro DR [15-25]



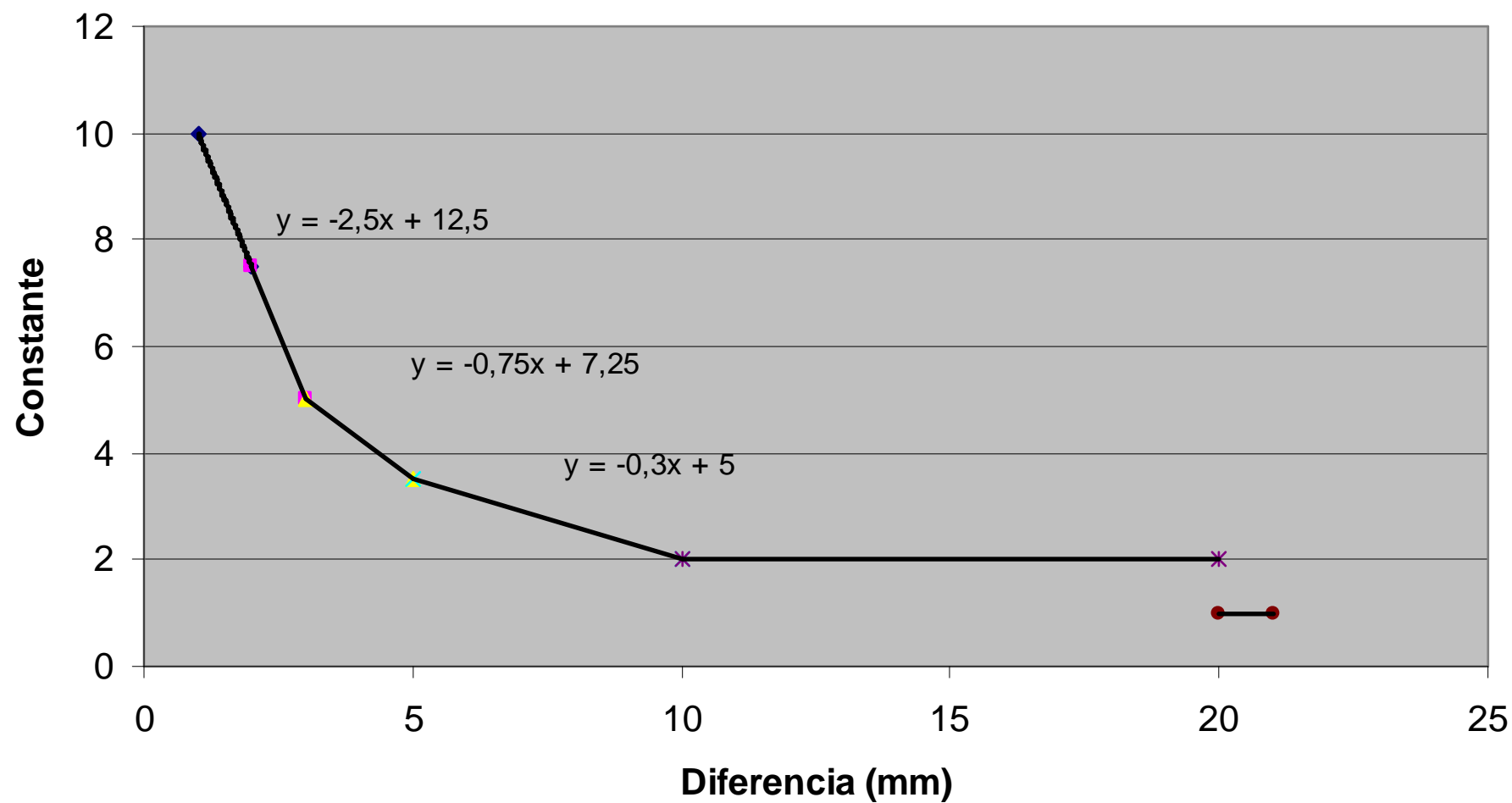
## 36065-5269-4879 Micro DR [0-5]



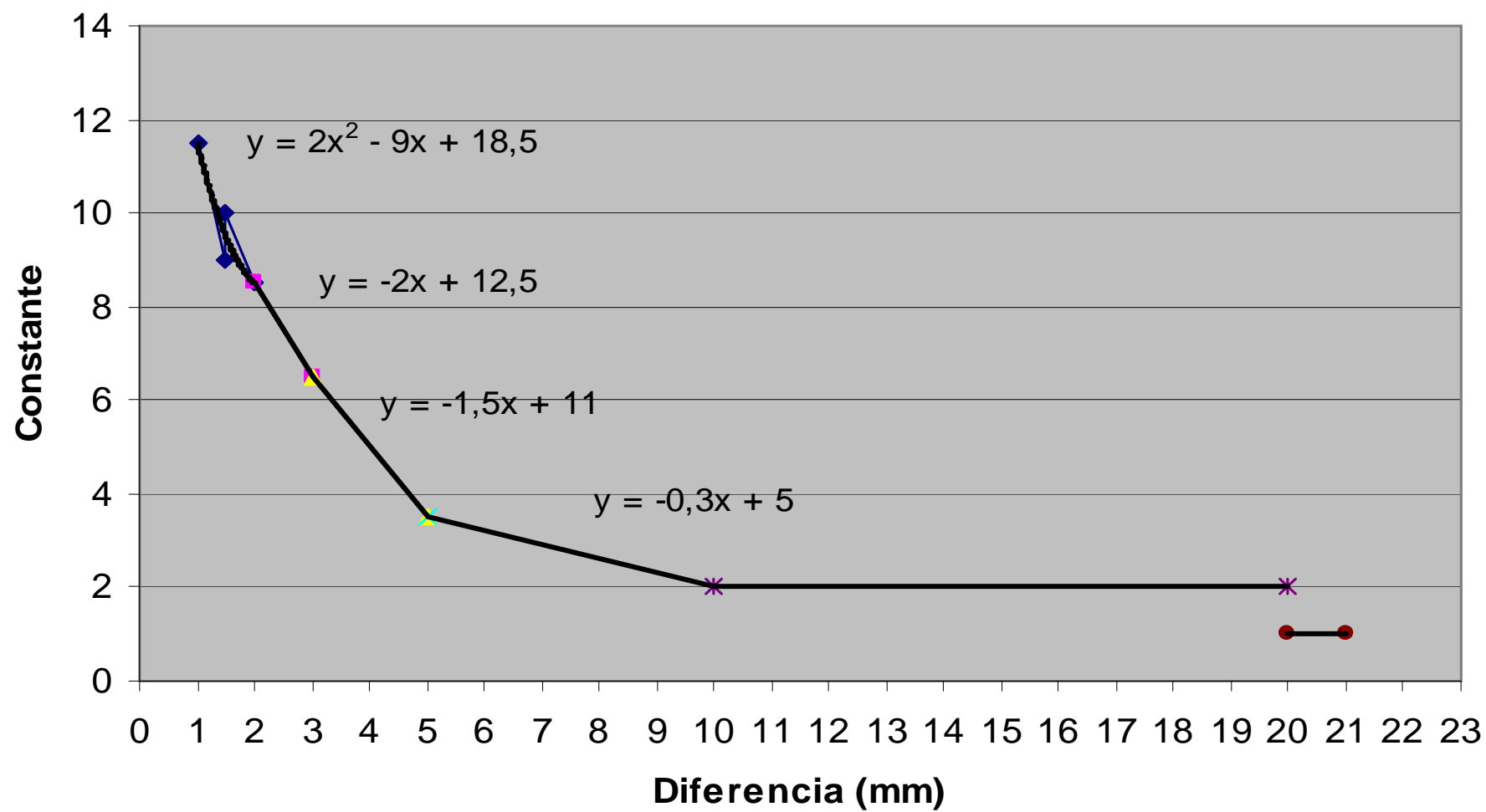
### 36065-5269-4879 Micro DR [5-10]



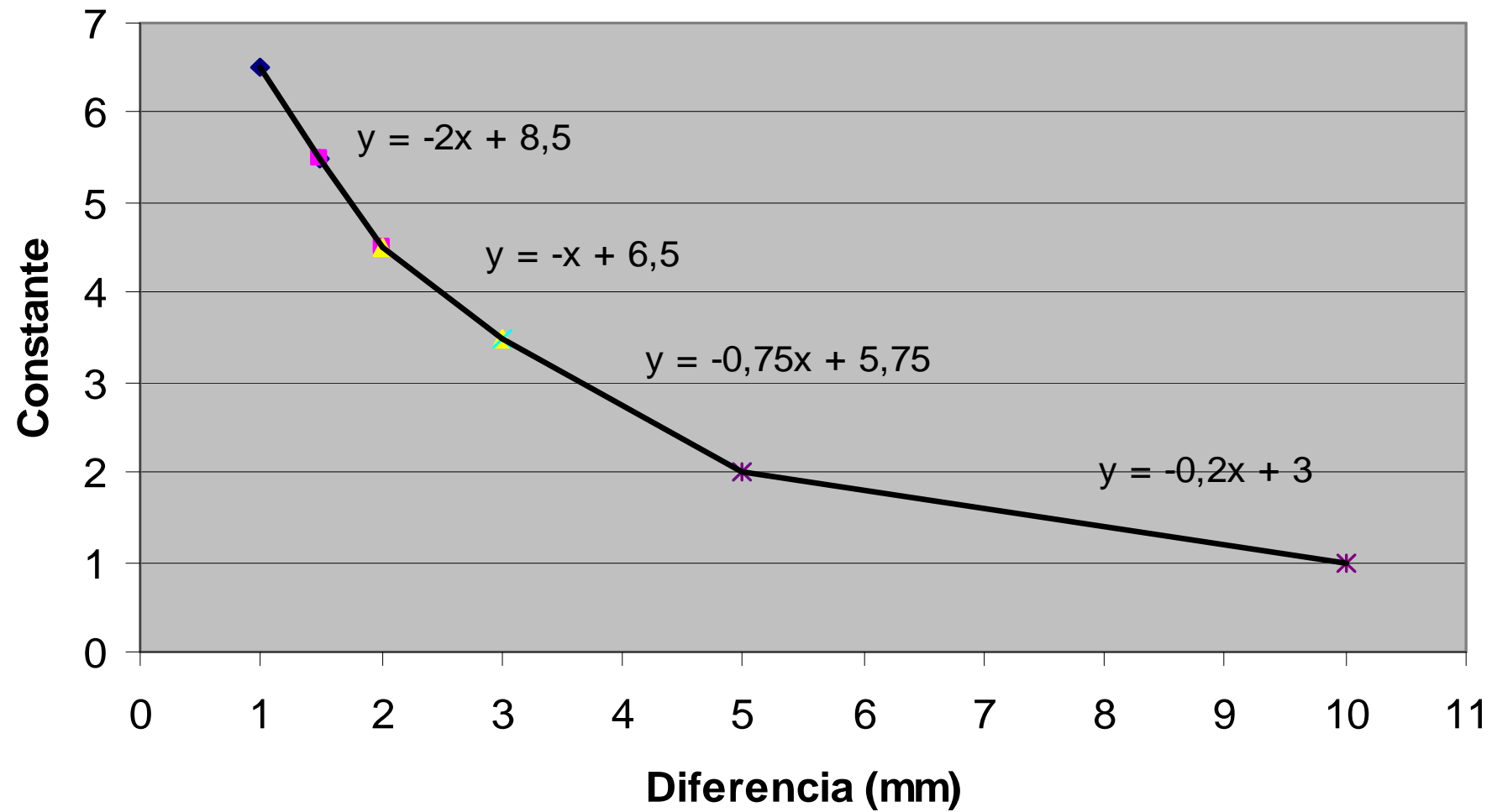
## 36065-5269-4879 Micro DR [10-15]



### 36065-5269-4879 Micro DR [15-25]

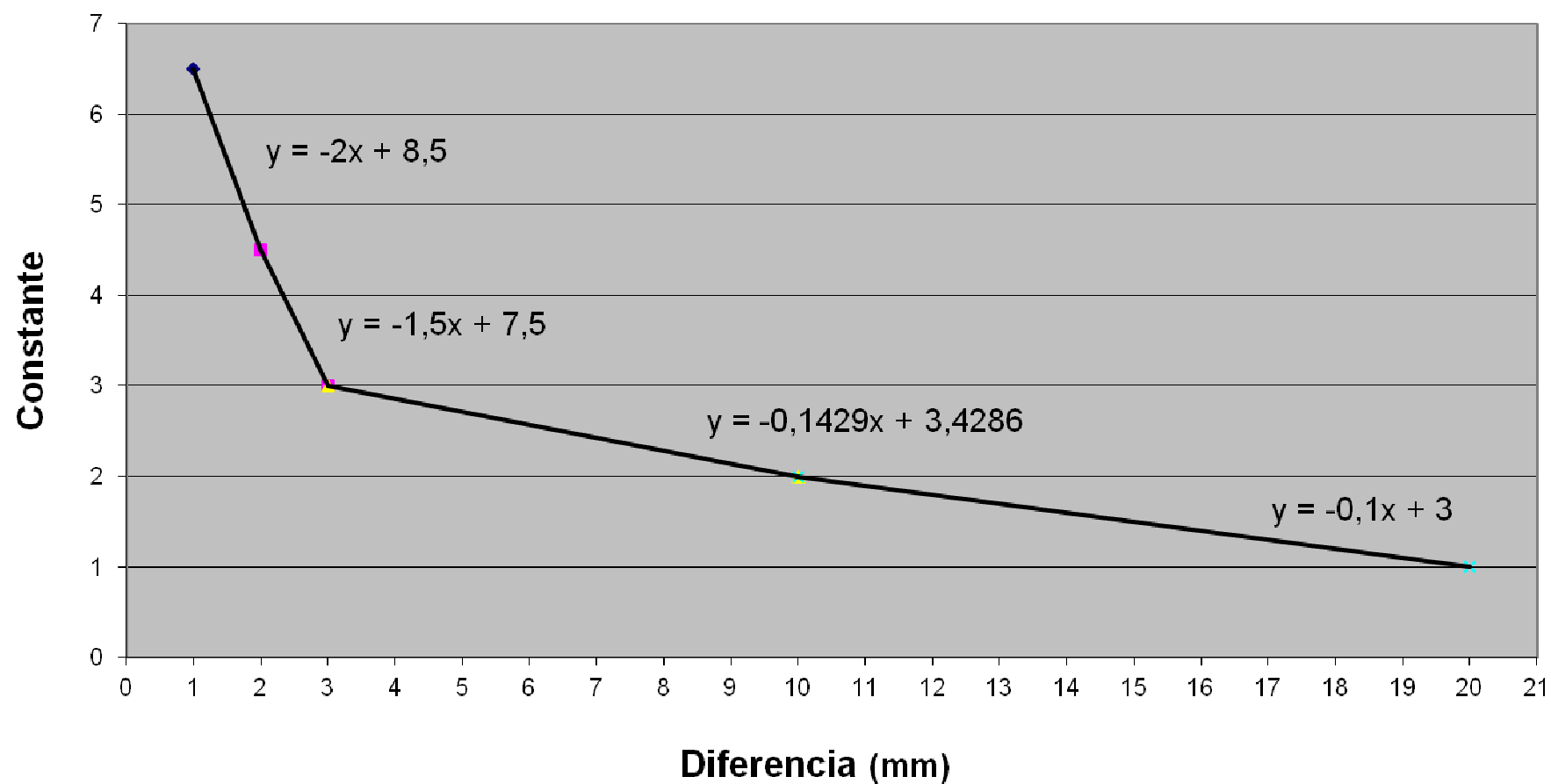


### 36065-5269-4879 Micro DR (Lado B)

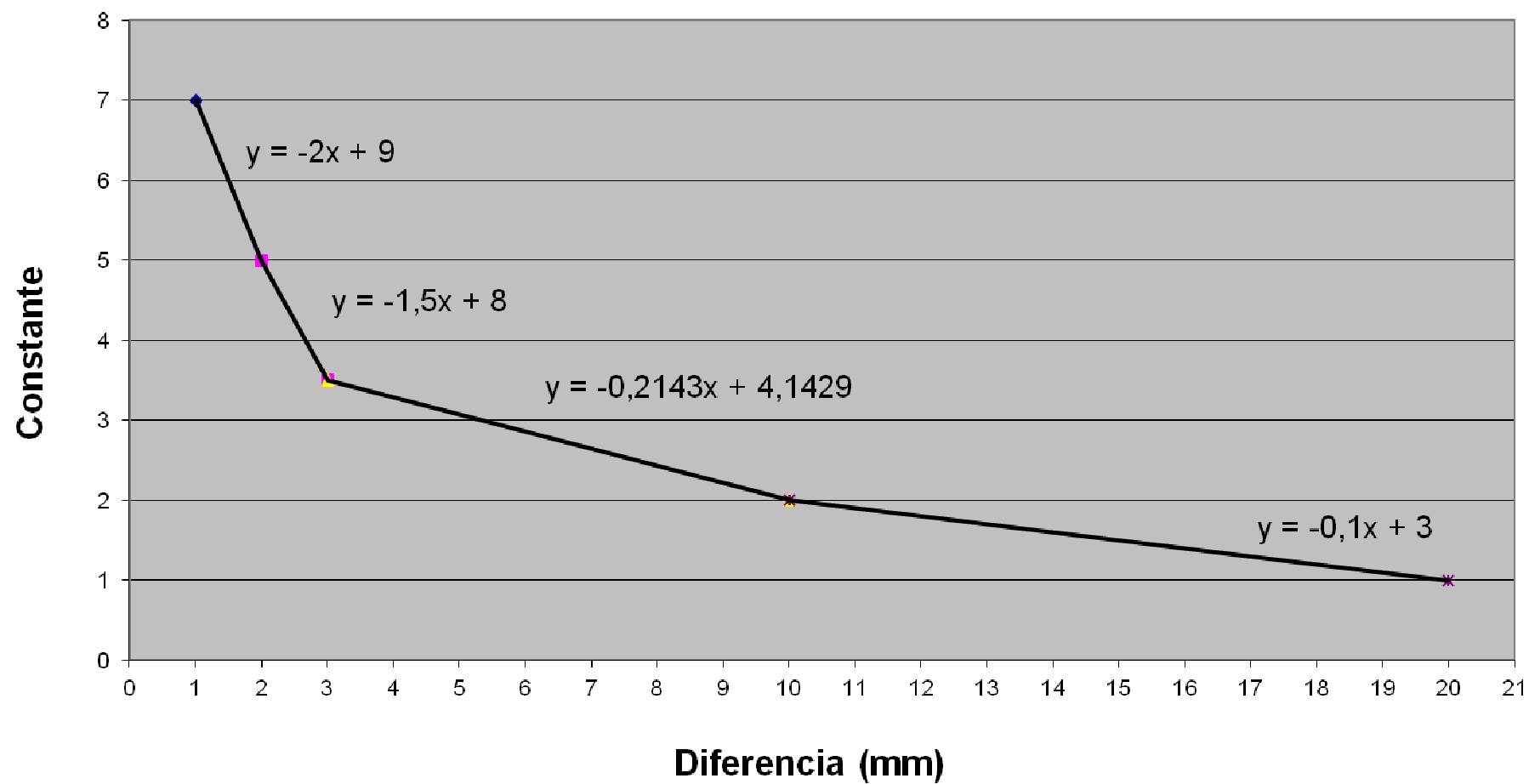




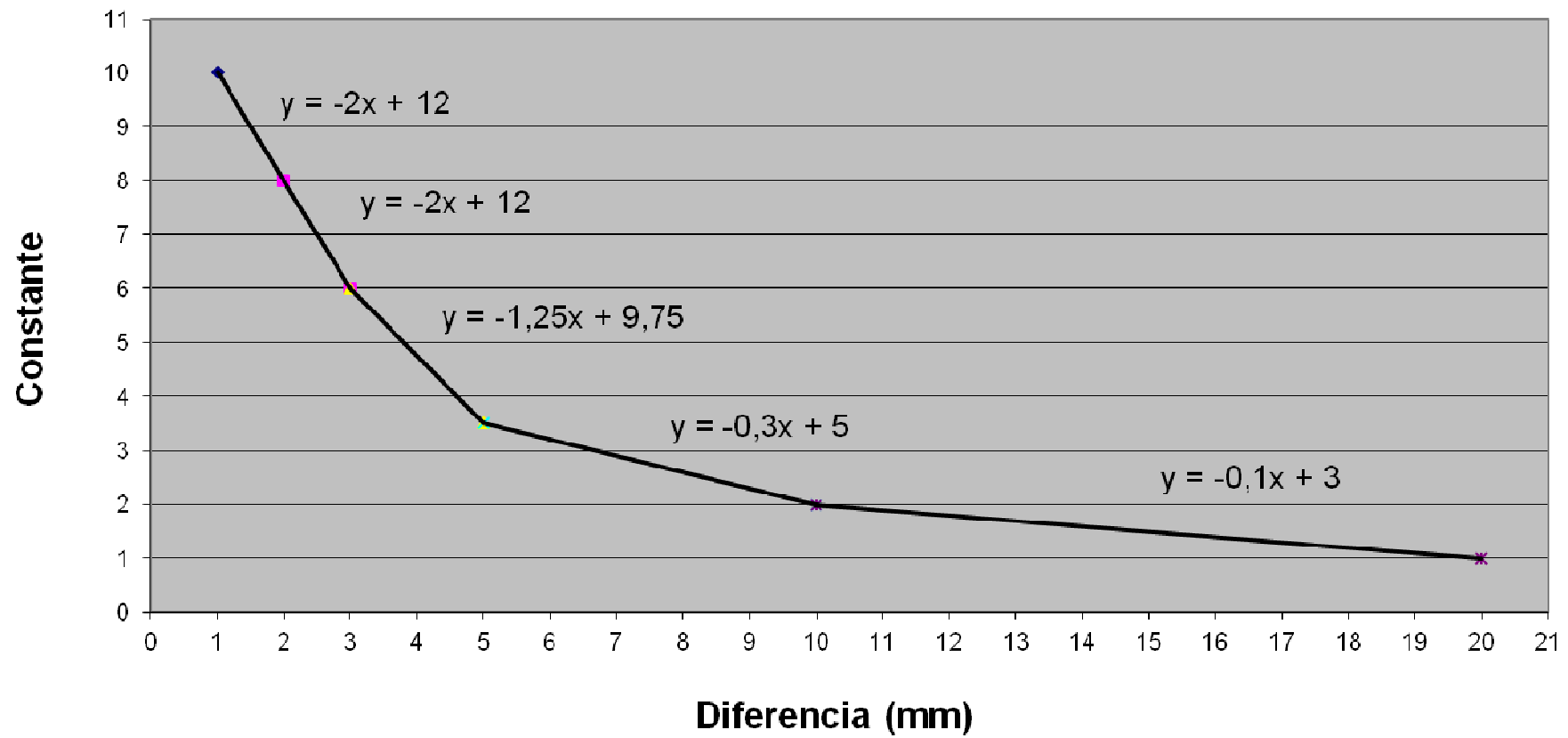
## 36071-5864-4852 Micro DR [0-5]



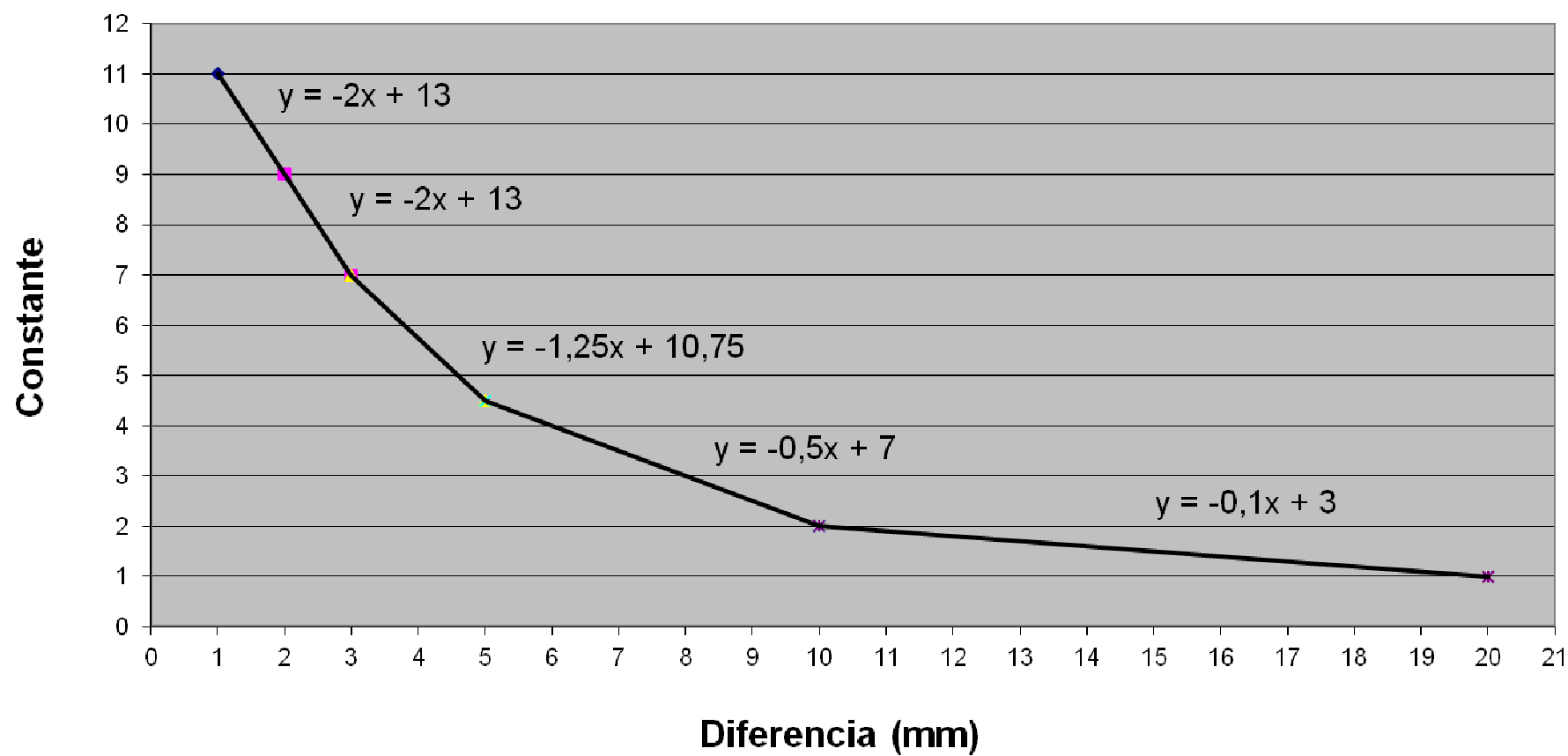
## 36071-5864-4852 Micro DR [5-10]



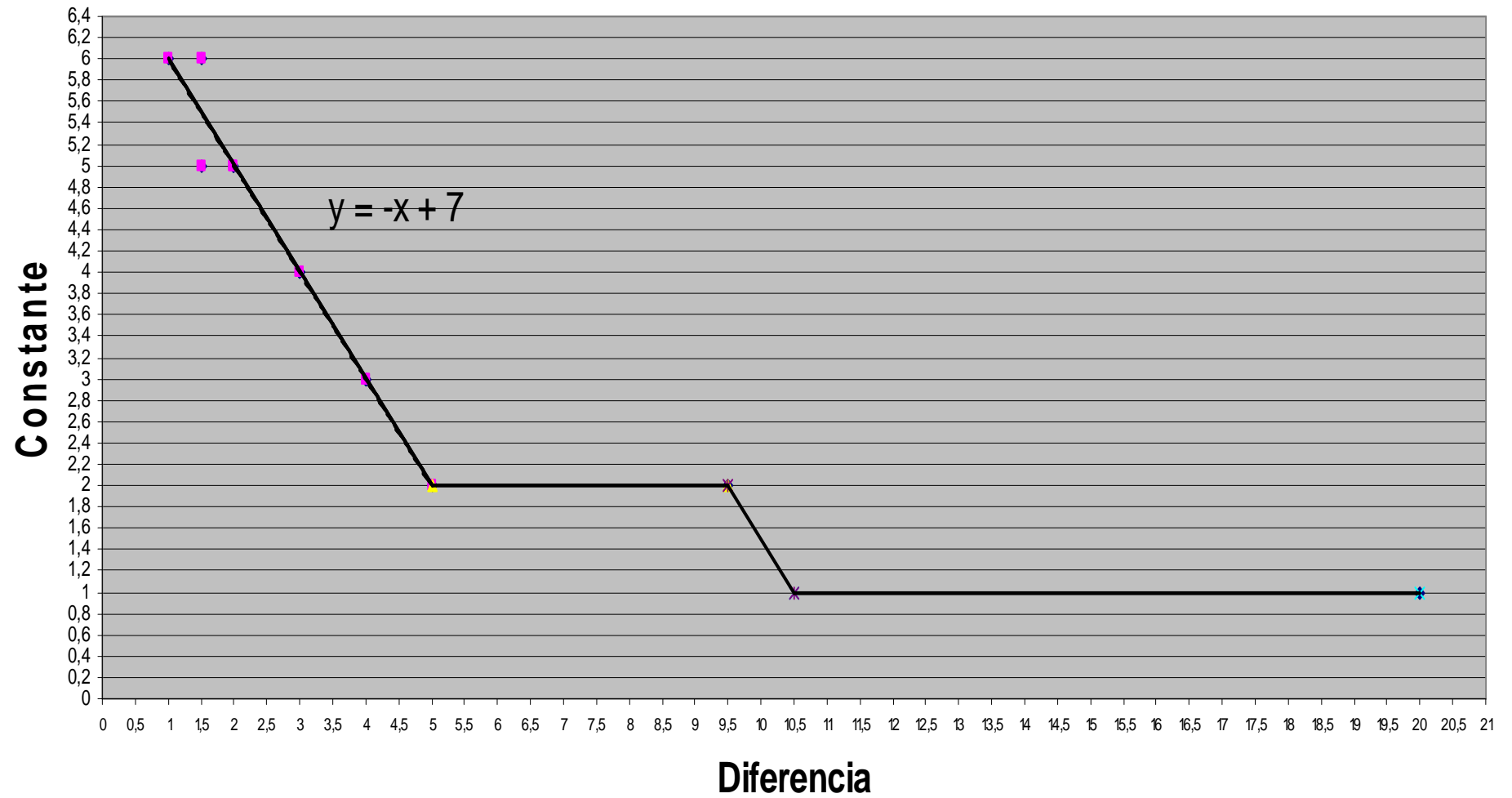
## 36071-5864-4852 Micro DR [10-15]



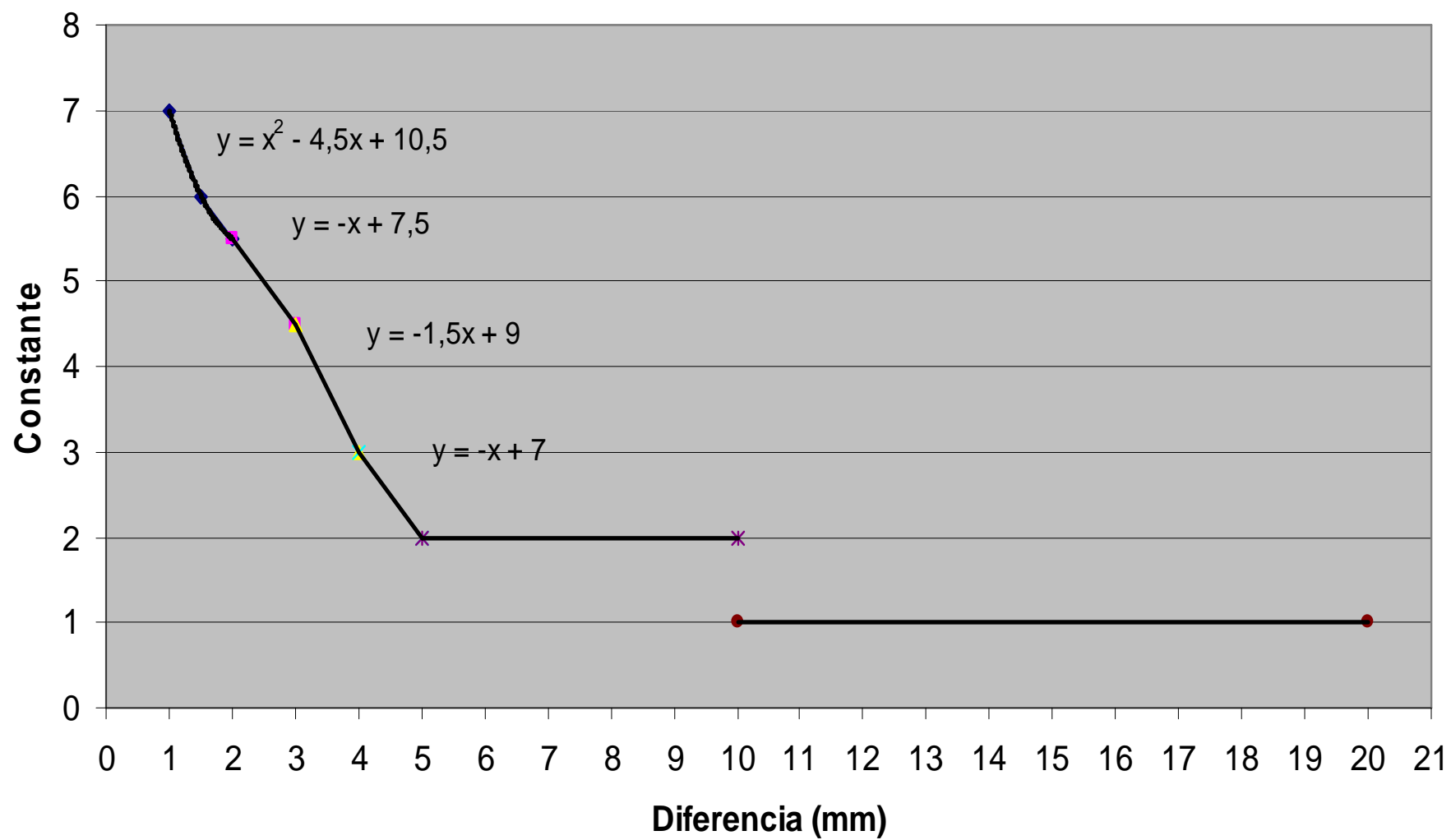
## 36071-5864-4852 Micro DR [15-25]



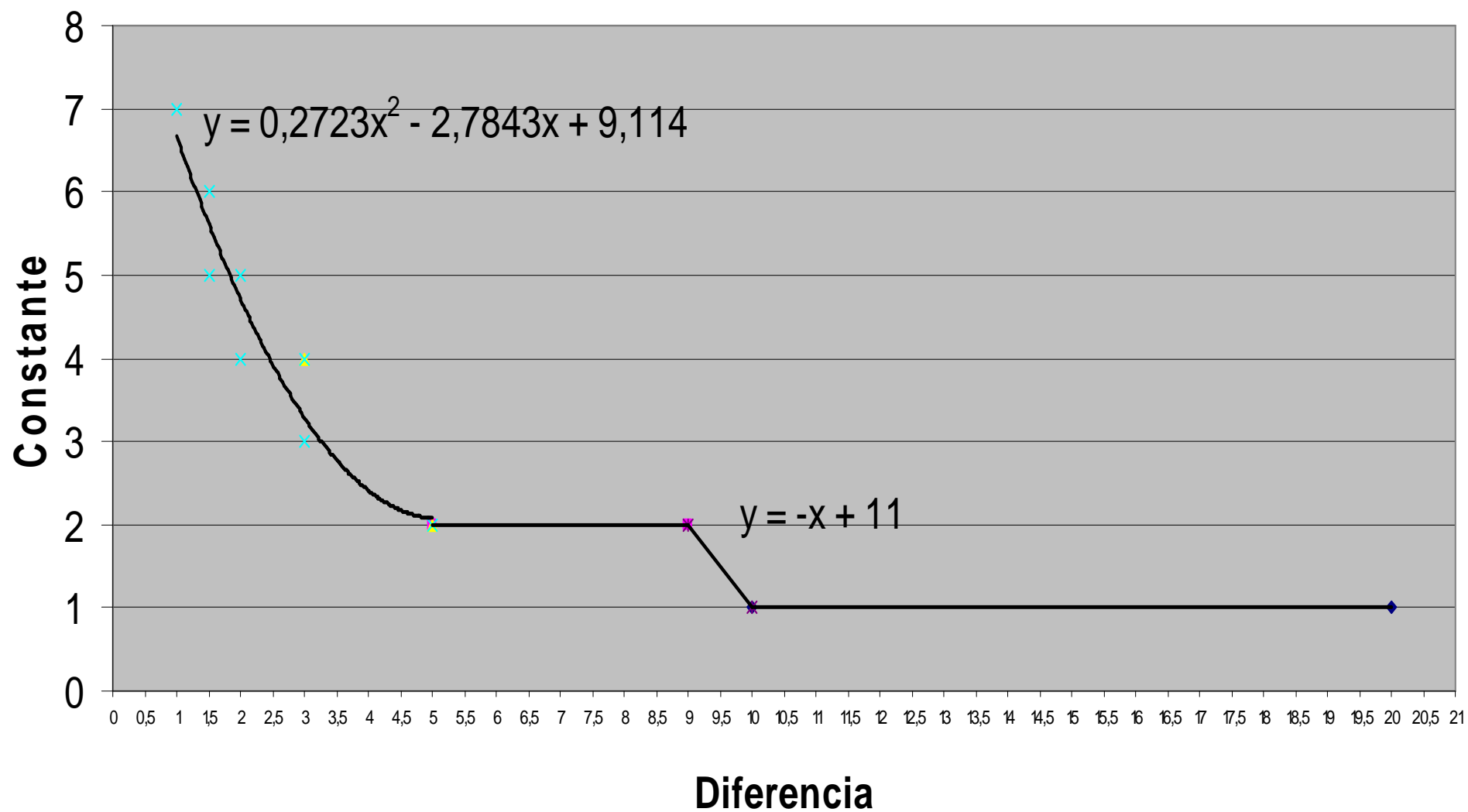
## 36096-5658-60HTD



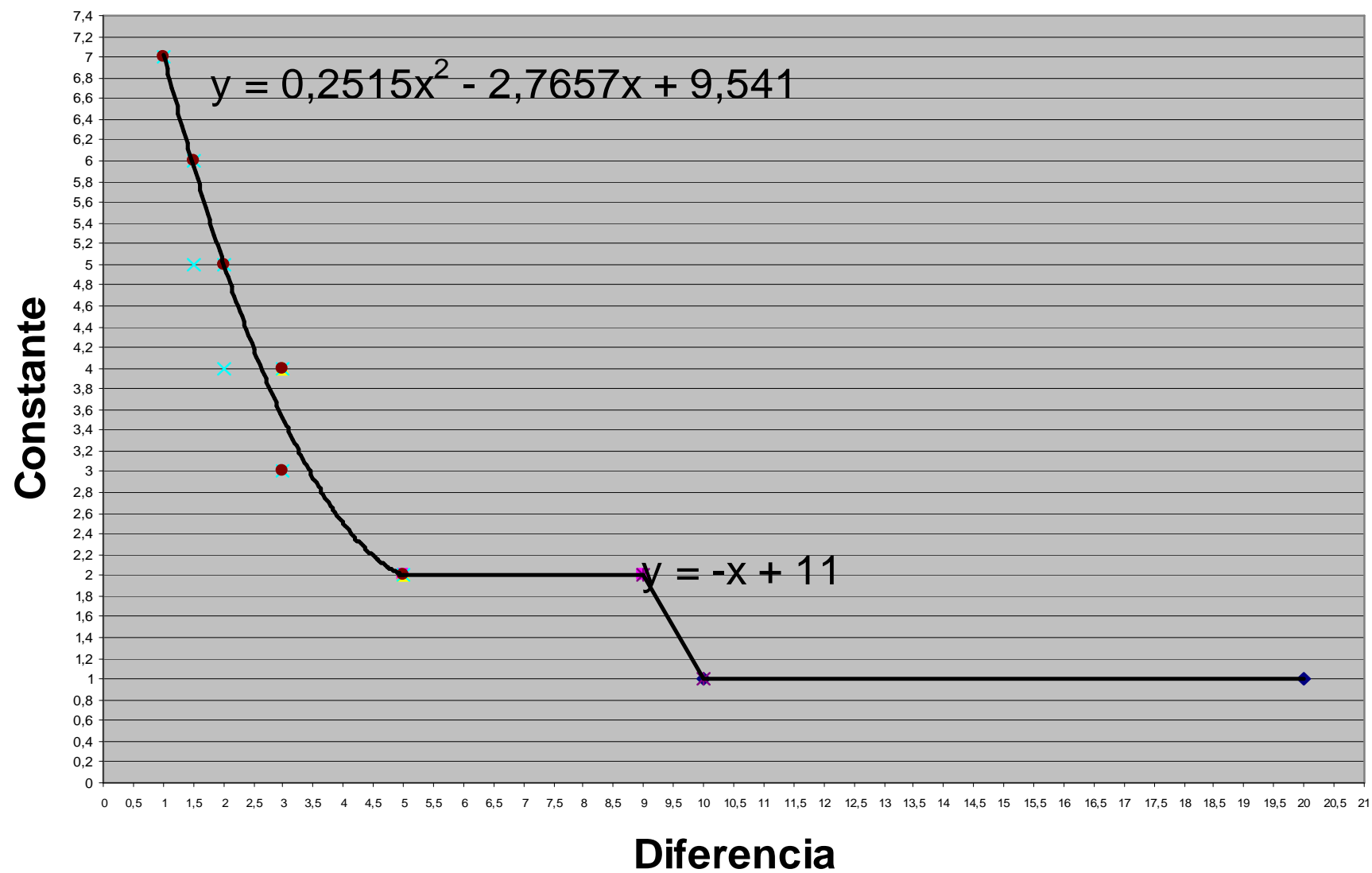
## 36096-5658-60HTD



## 36096-5659- 4879 Micro DR

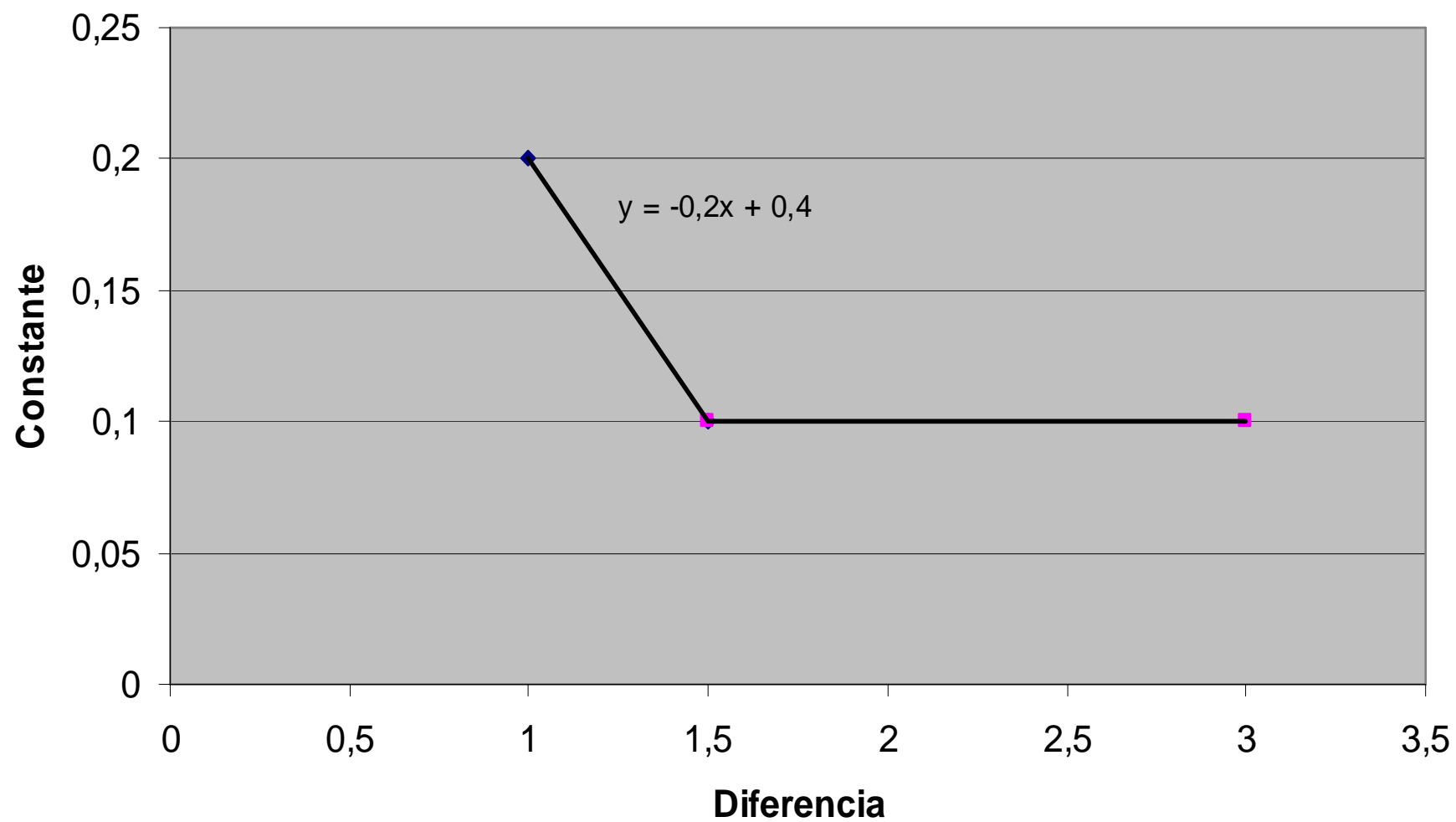


## 36096-5659- 4879 Micro DR

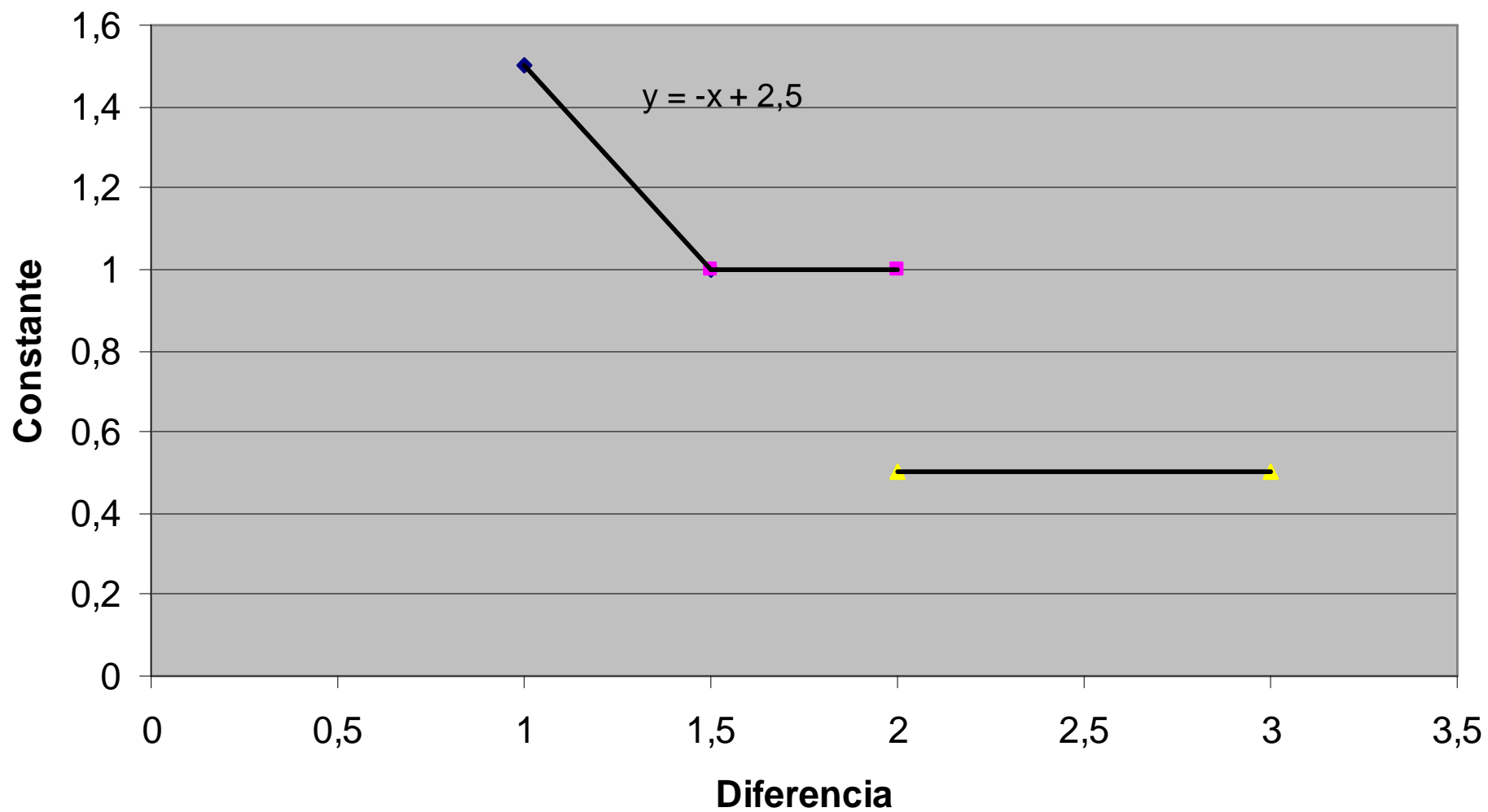




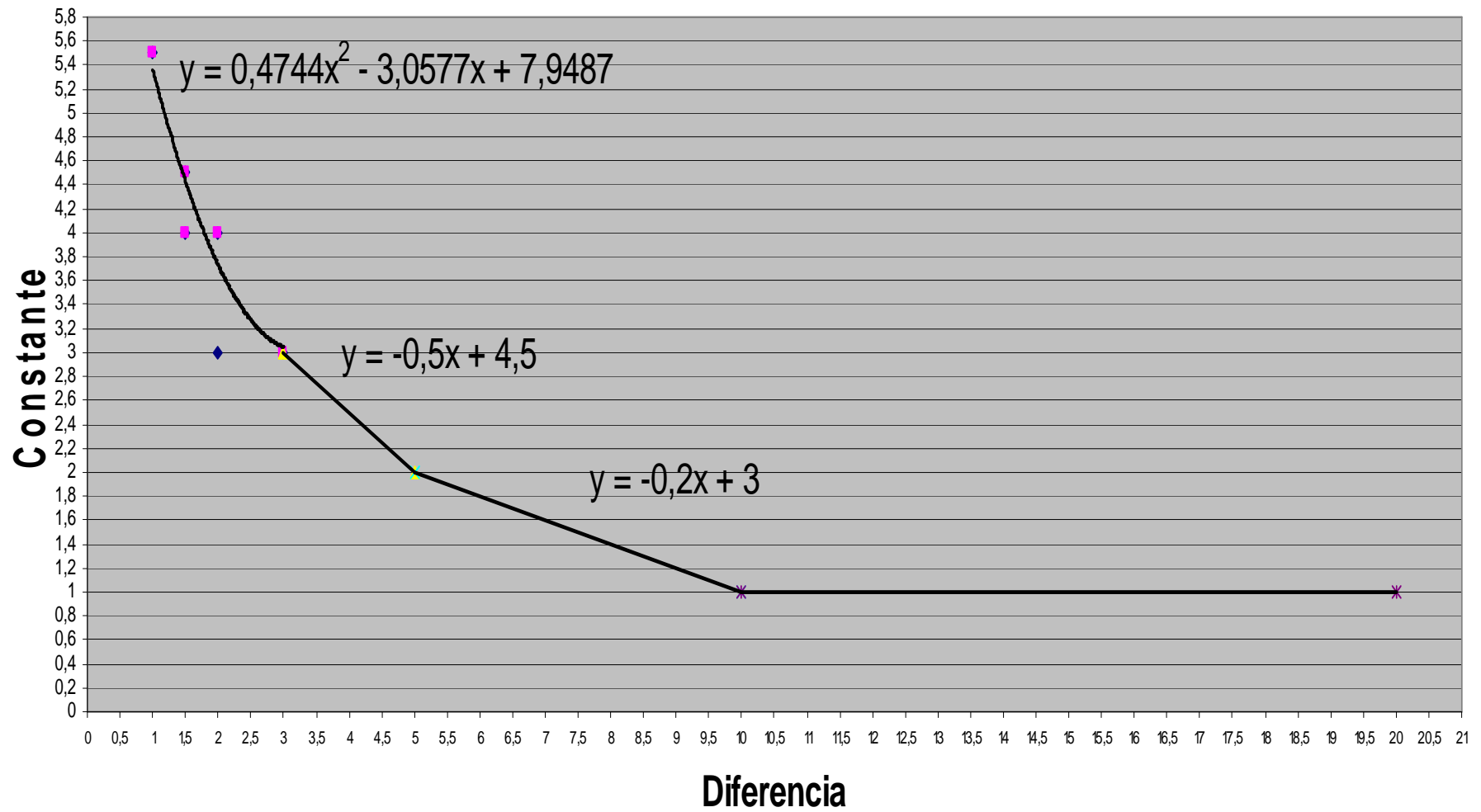
## 36096-5659-4879 Micro DR (Lado A)



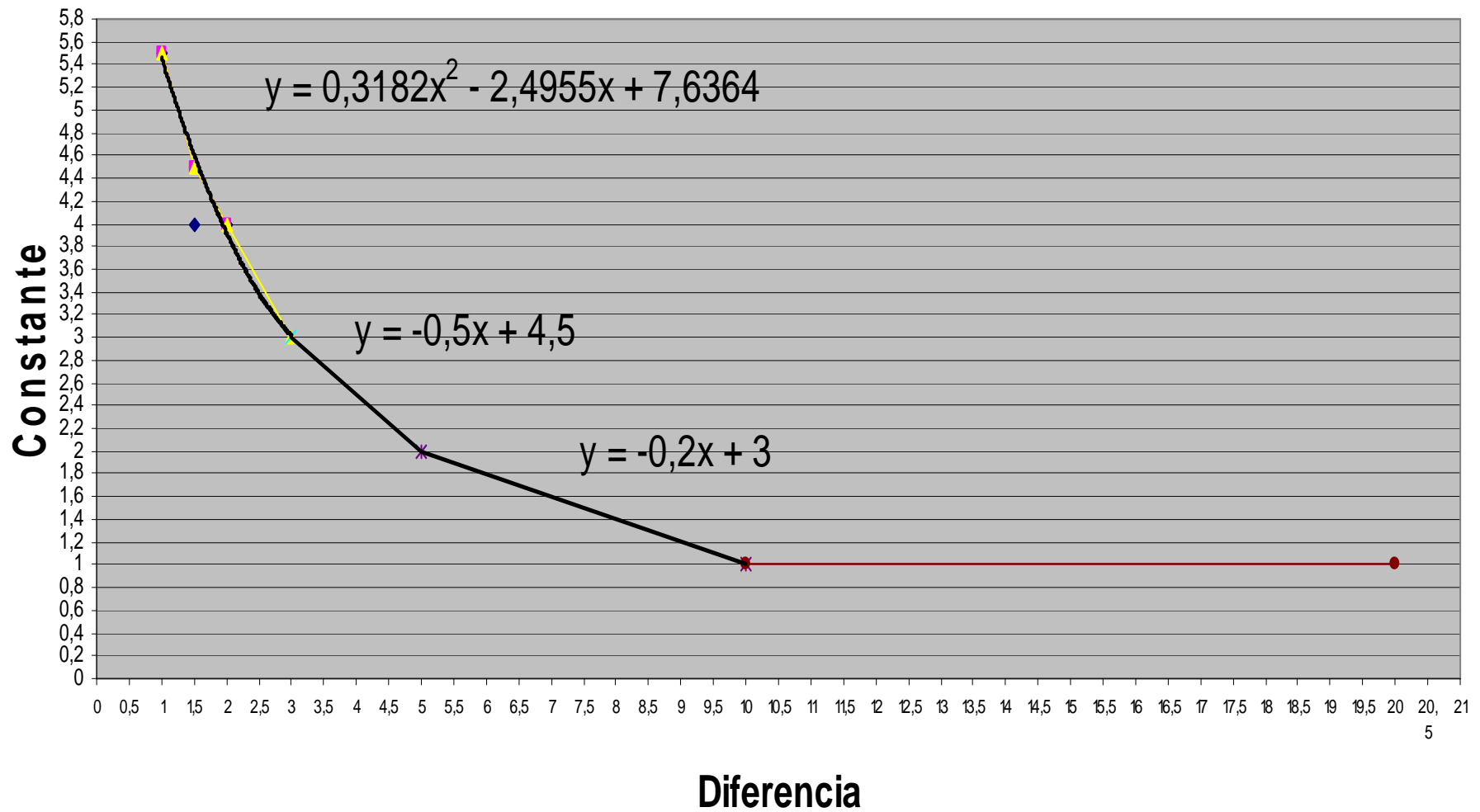
## 36096-5659-4879 Micro DR (Lado B)



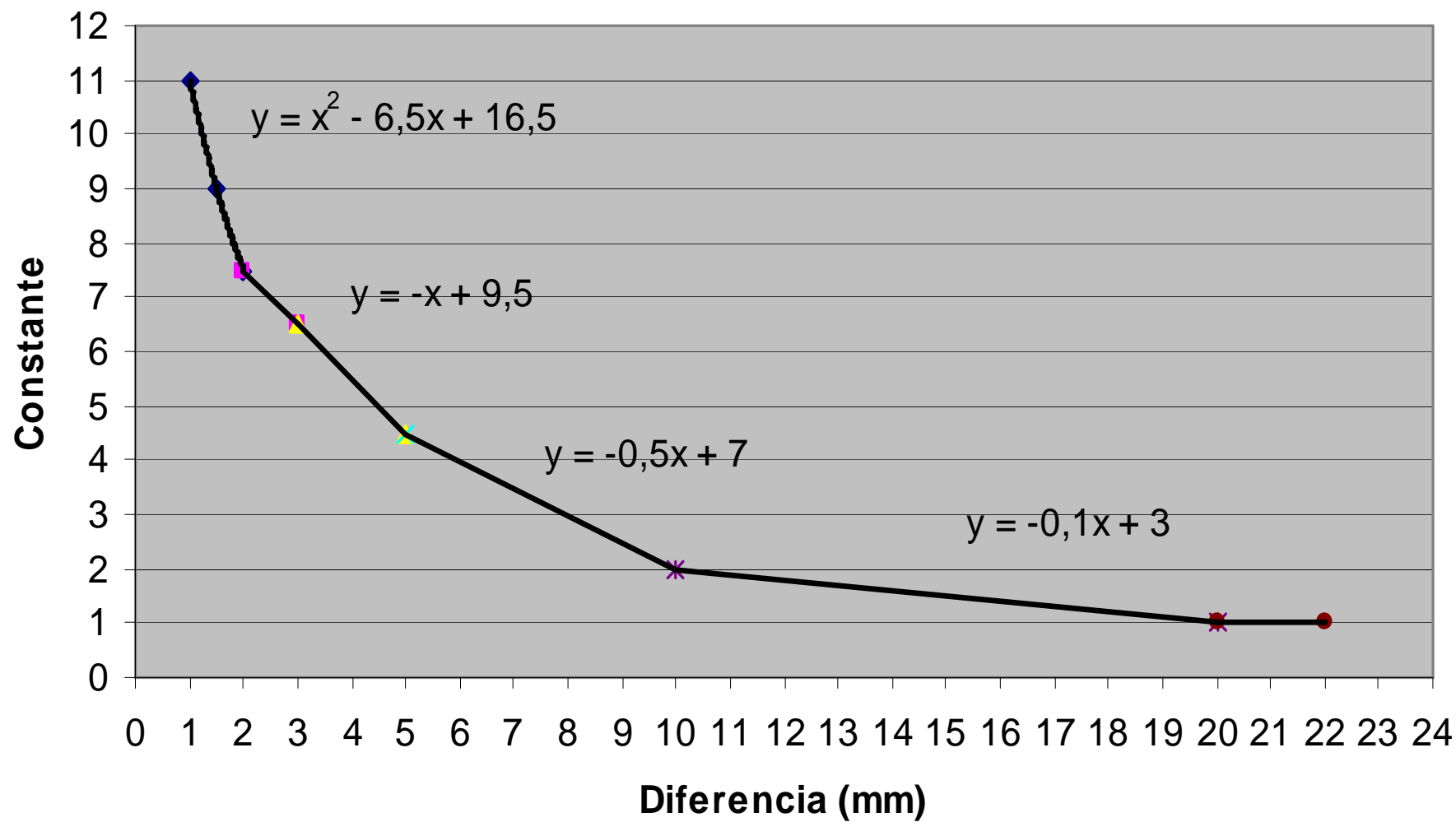
36096-5661-4852



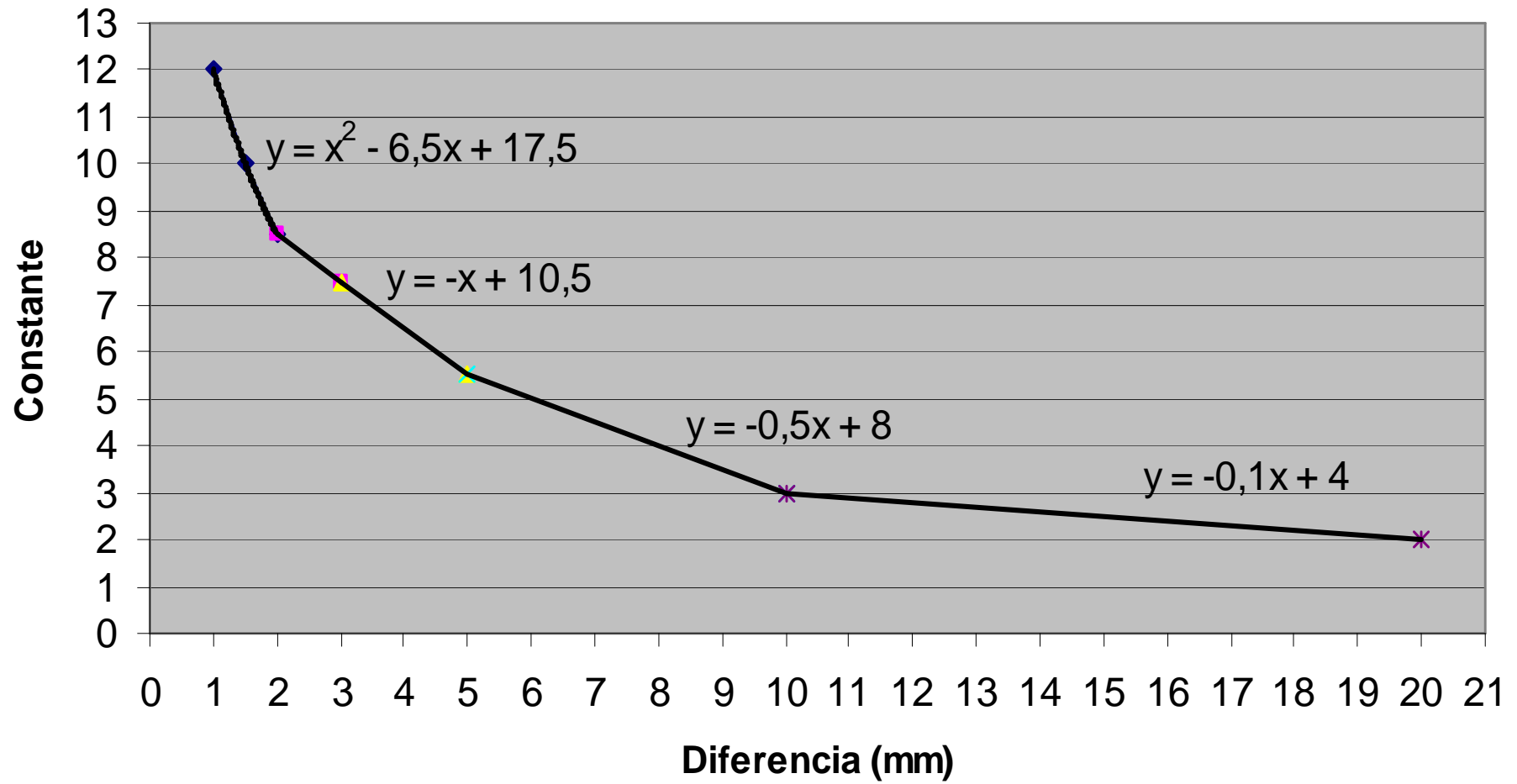
36096-5661-4852



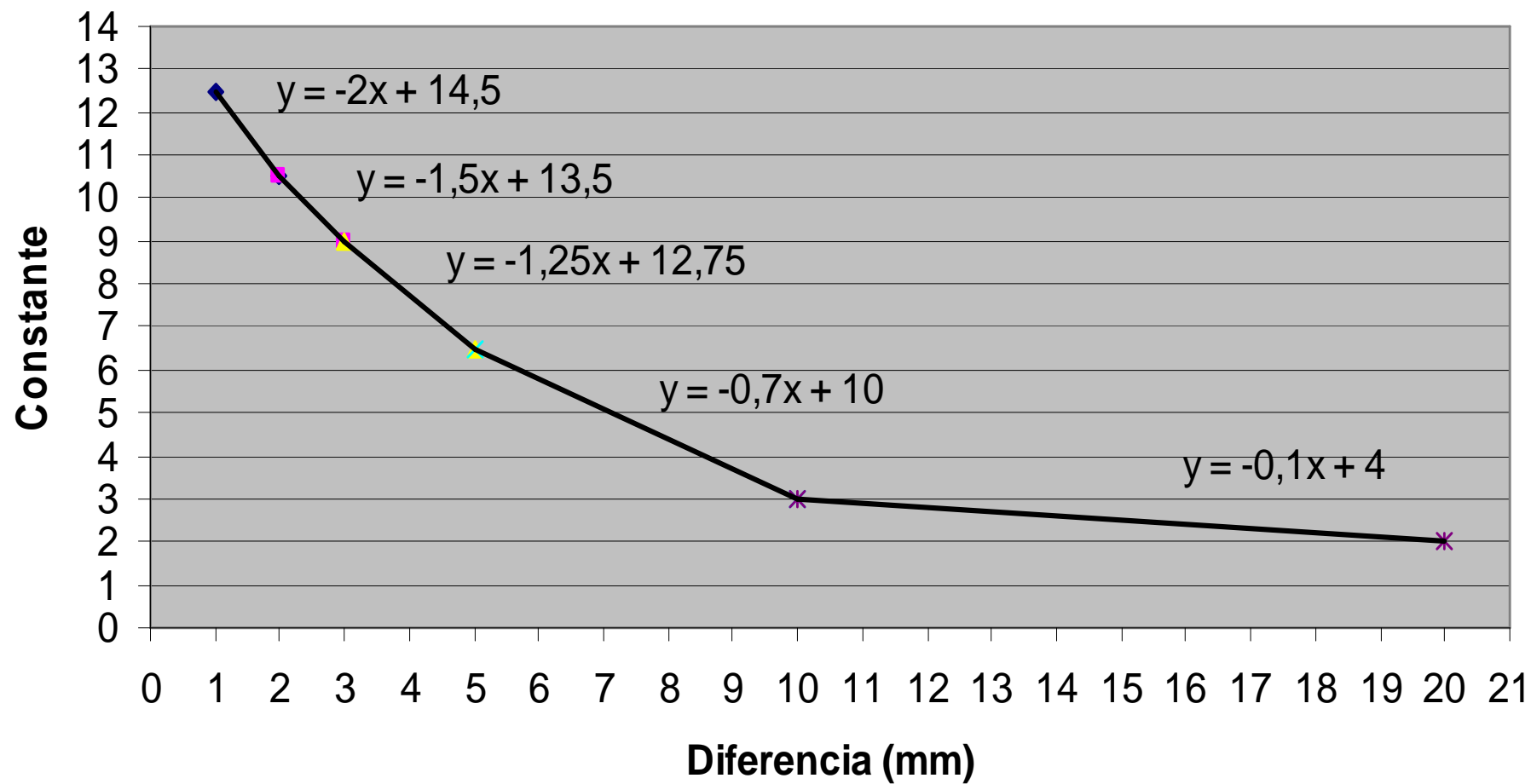
## 36110-99000438-ET45 Micro [0-5]



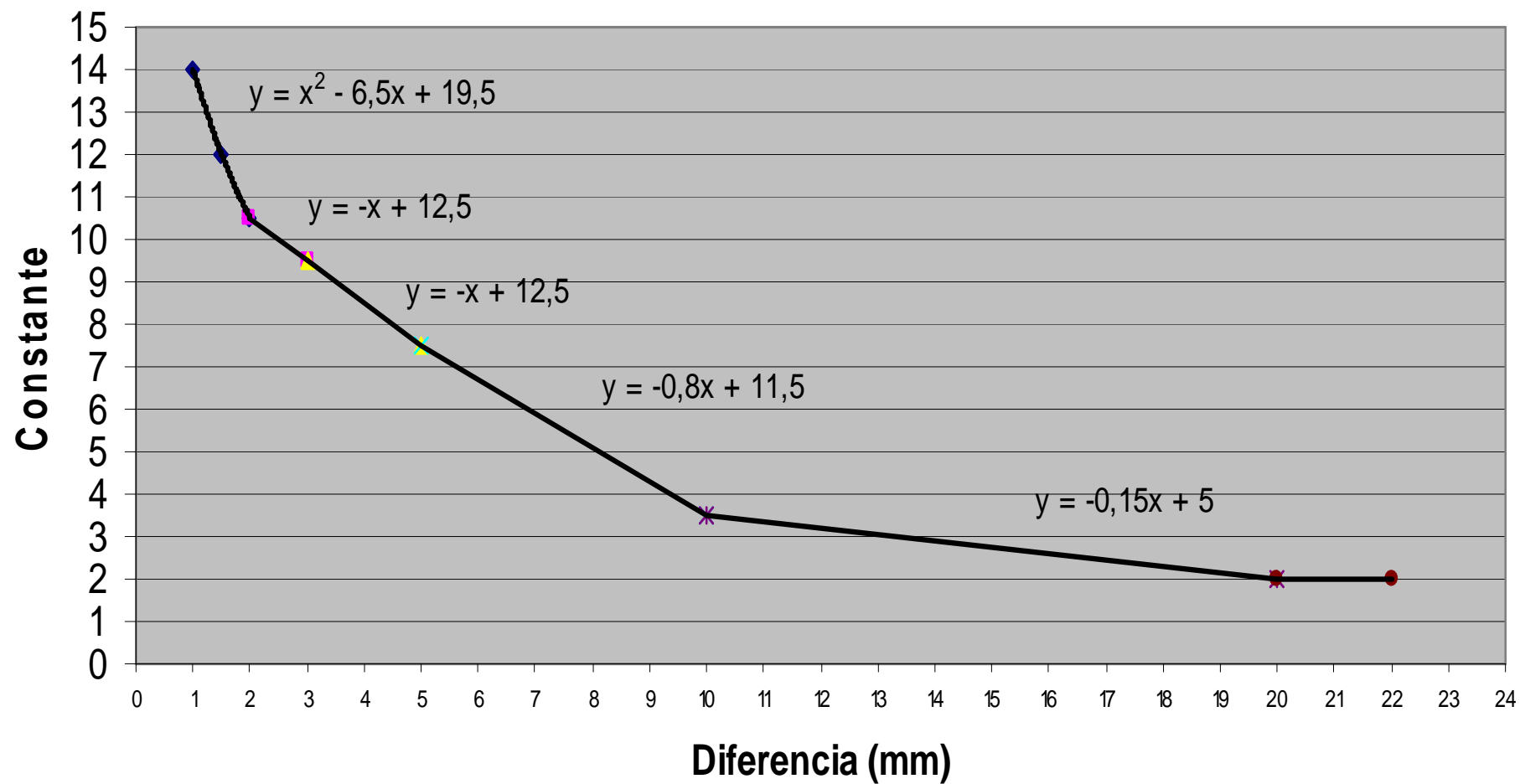
### 36110-99000438-ET45 Micro [5-10]



## 36110-99000438-ET45 Micro [10-20]

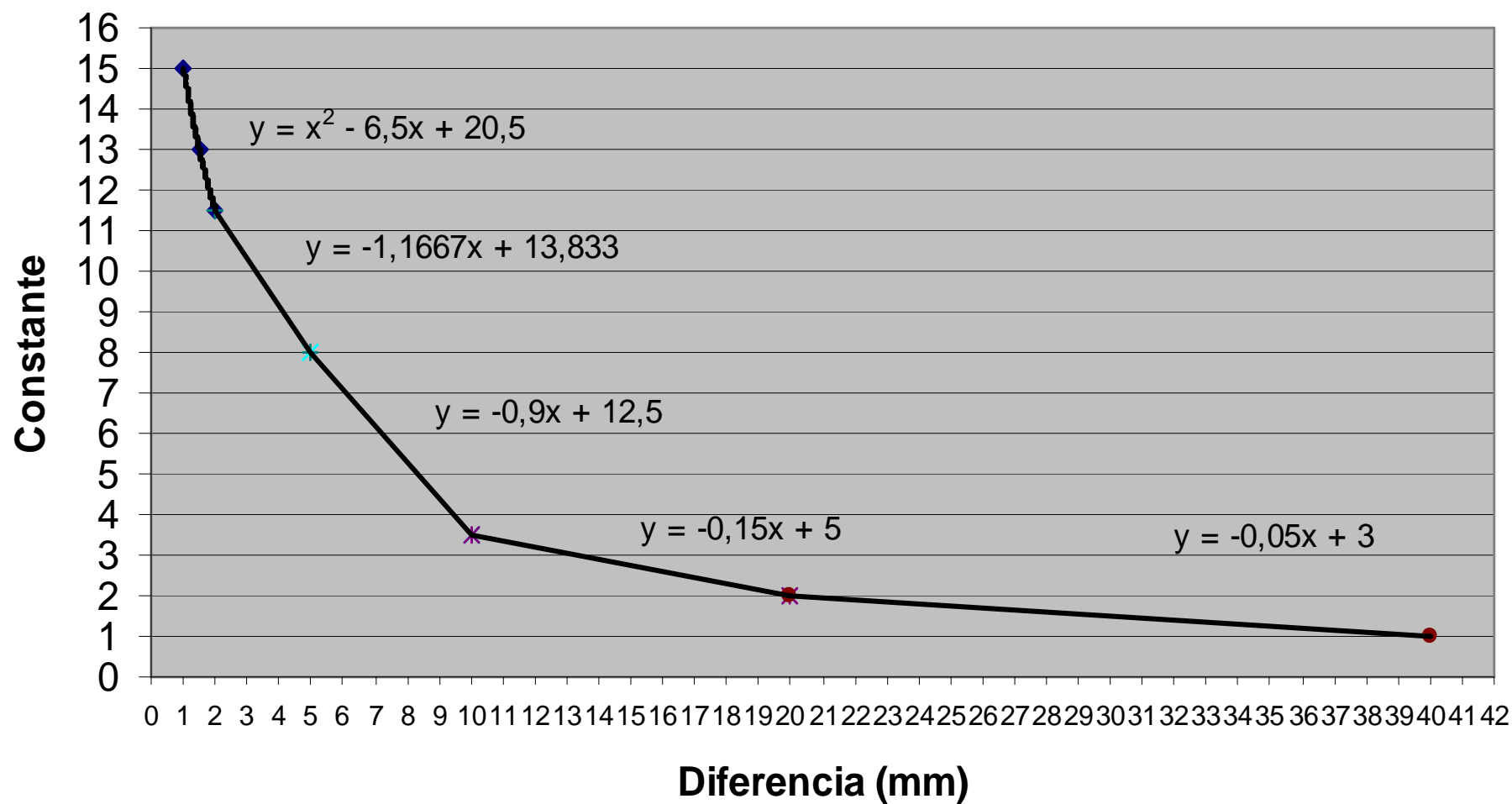


## 36110-99000438-ET45 Micro [20-30]

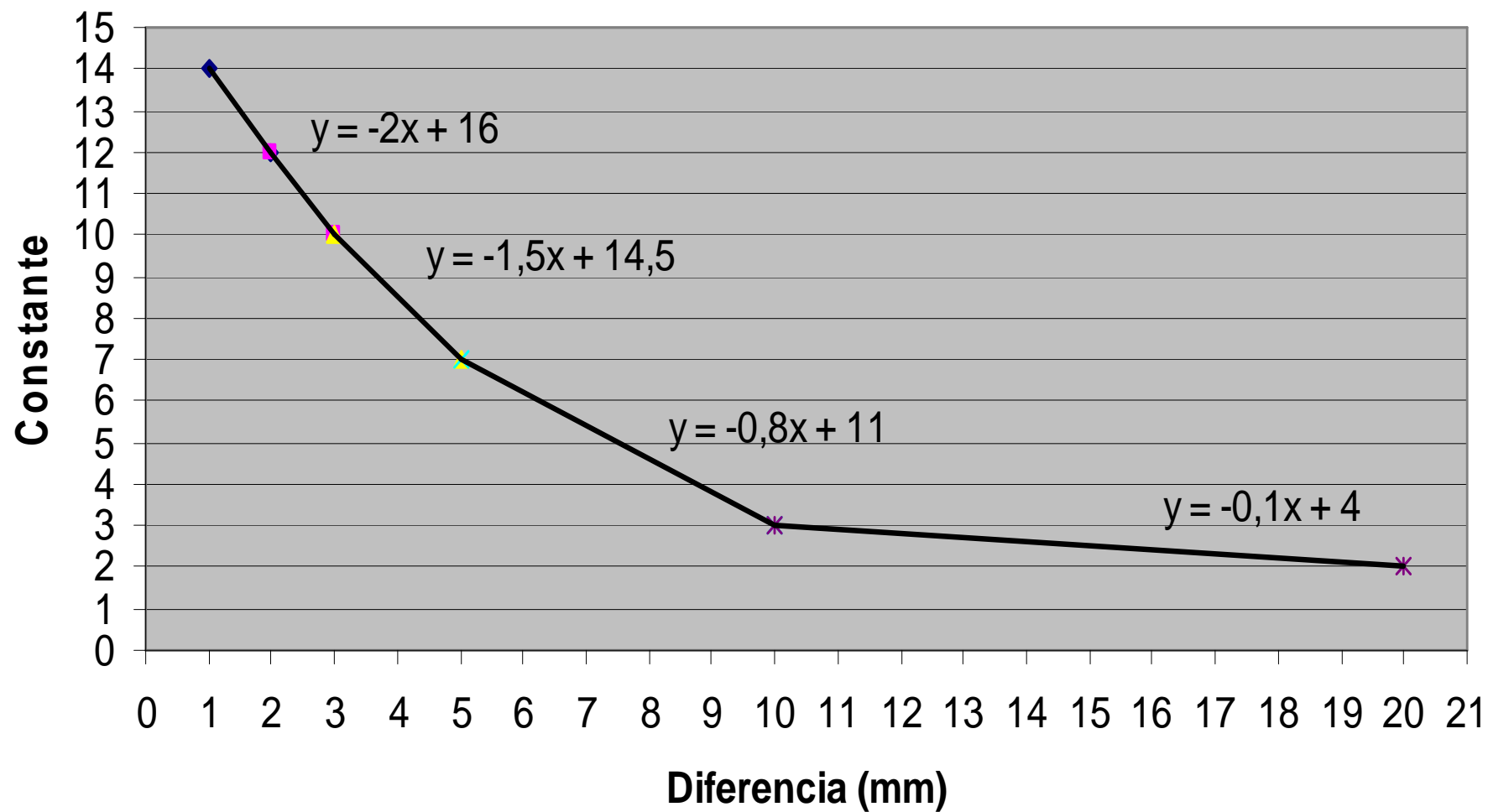




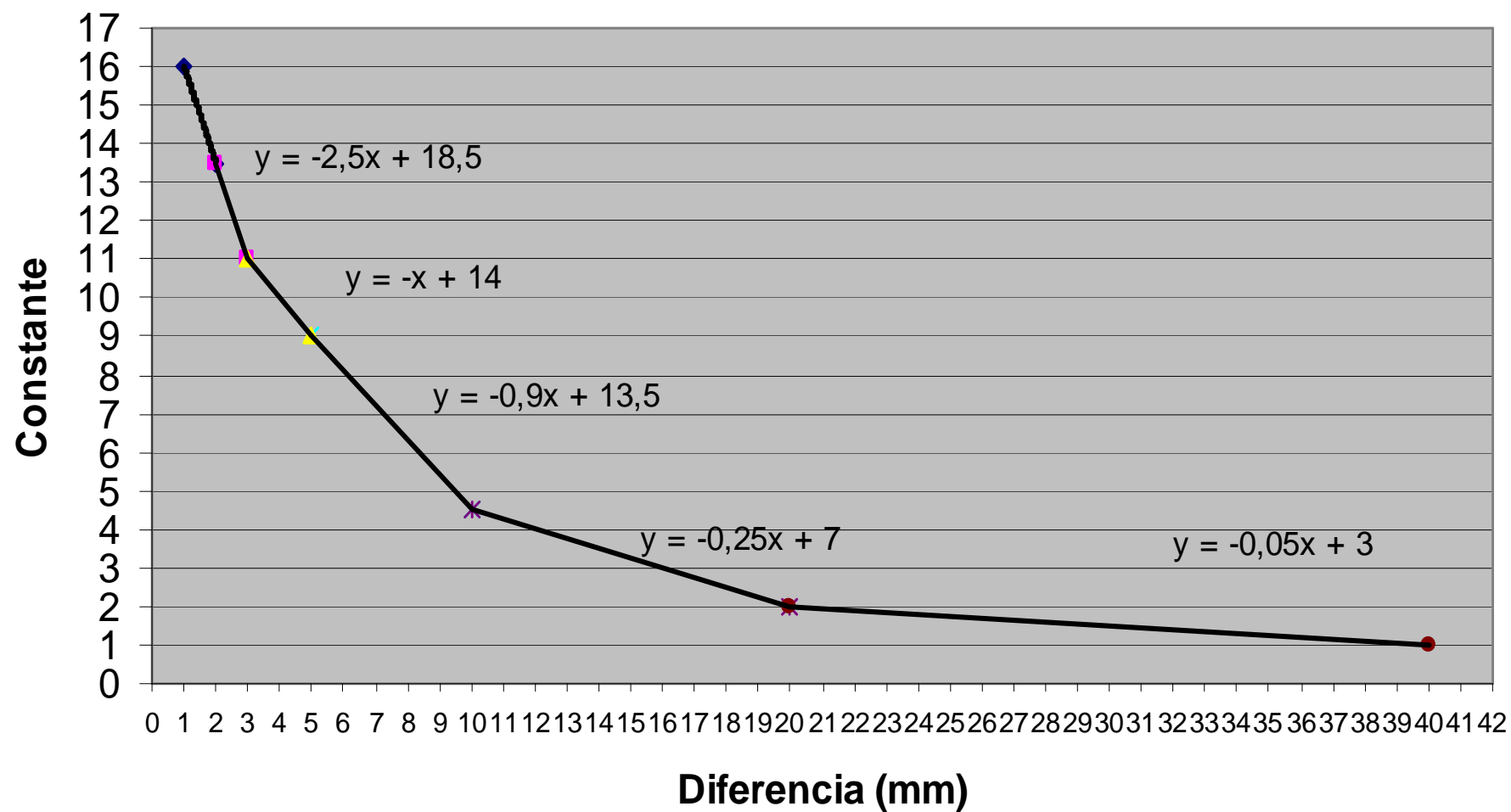
### 36110-99000438-ET45 Micro [30-40]



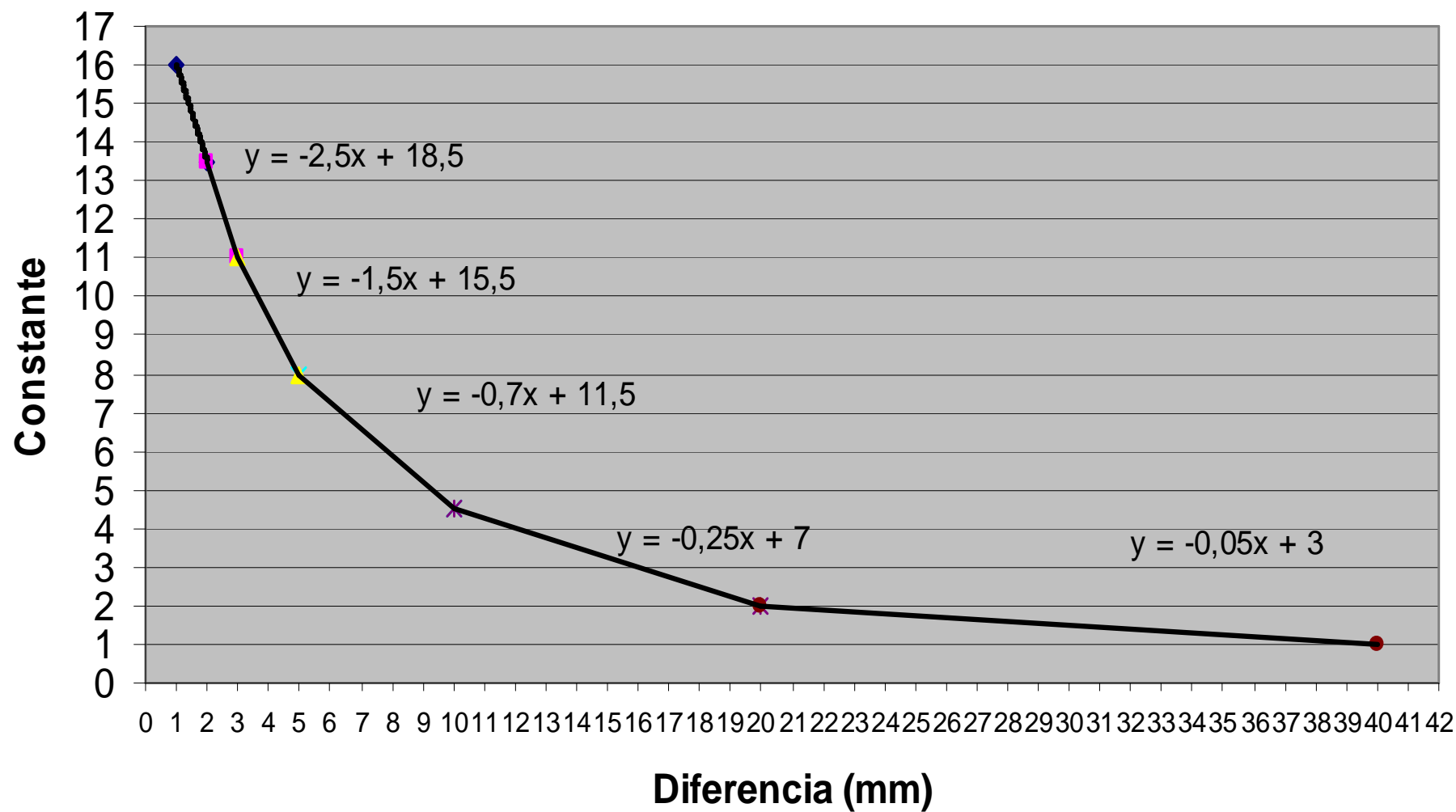
## 36110-99000438-ET45 Micro [10-20]



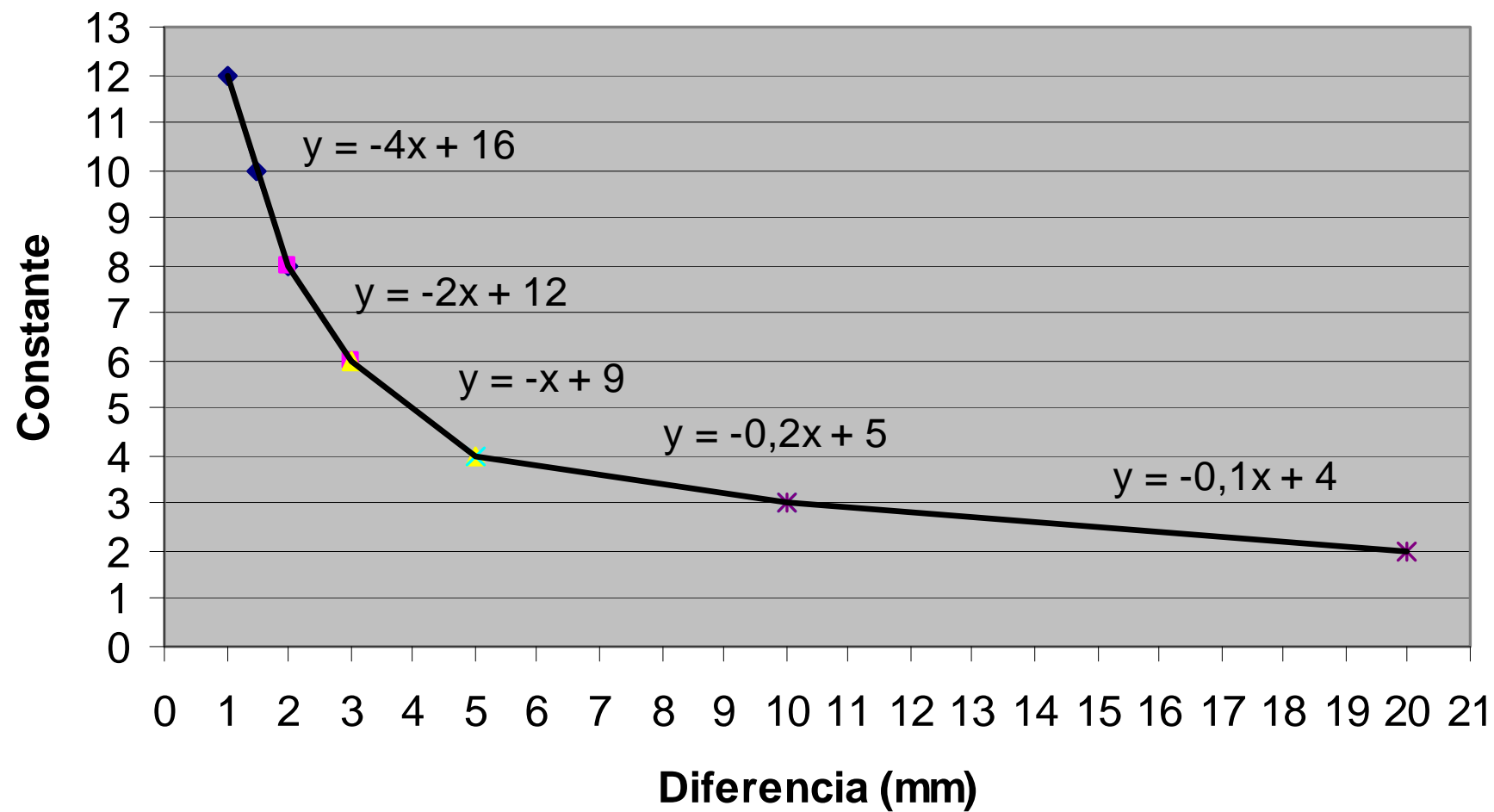
### 36110-99000438-ET45 Micro [30-40]



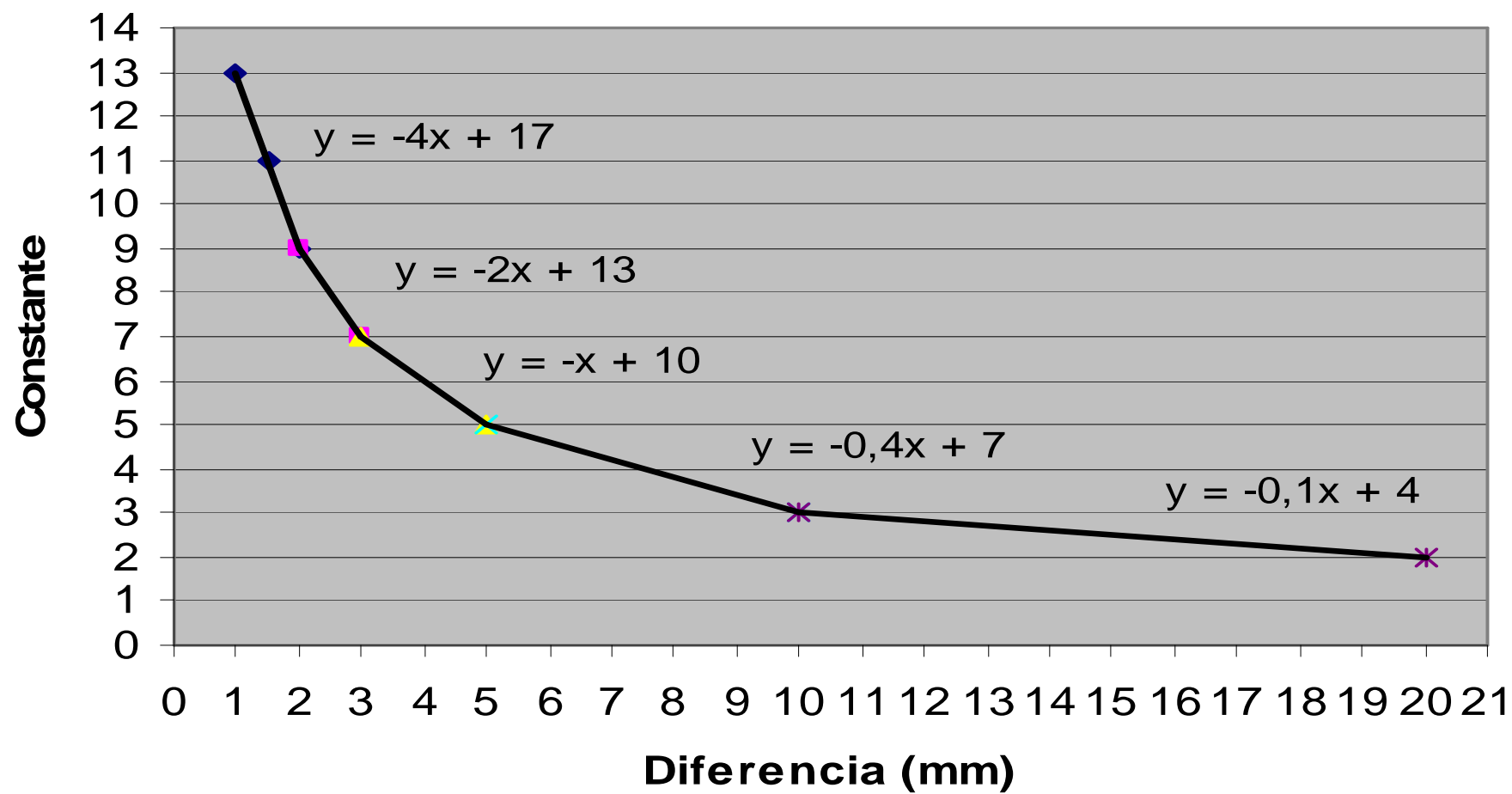
## 36110-99000438-ET45 Micro [30-40]



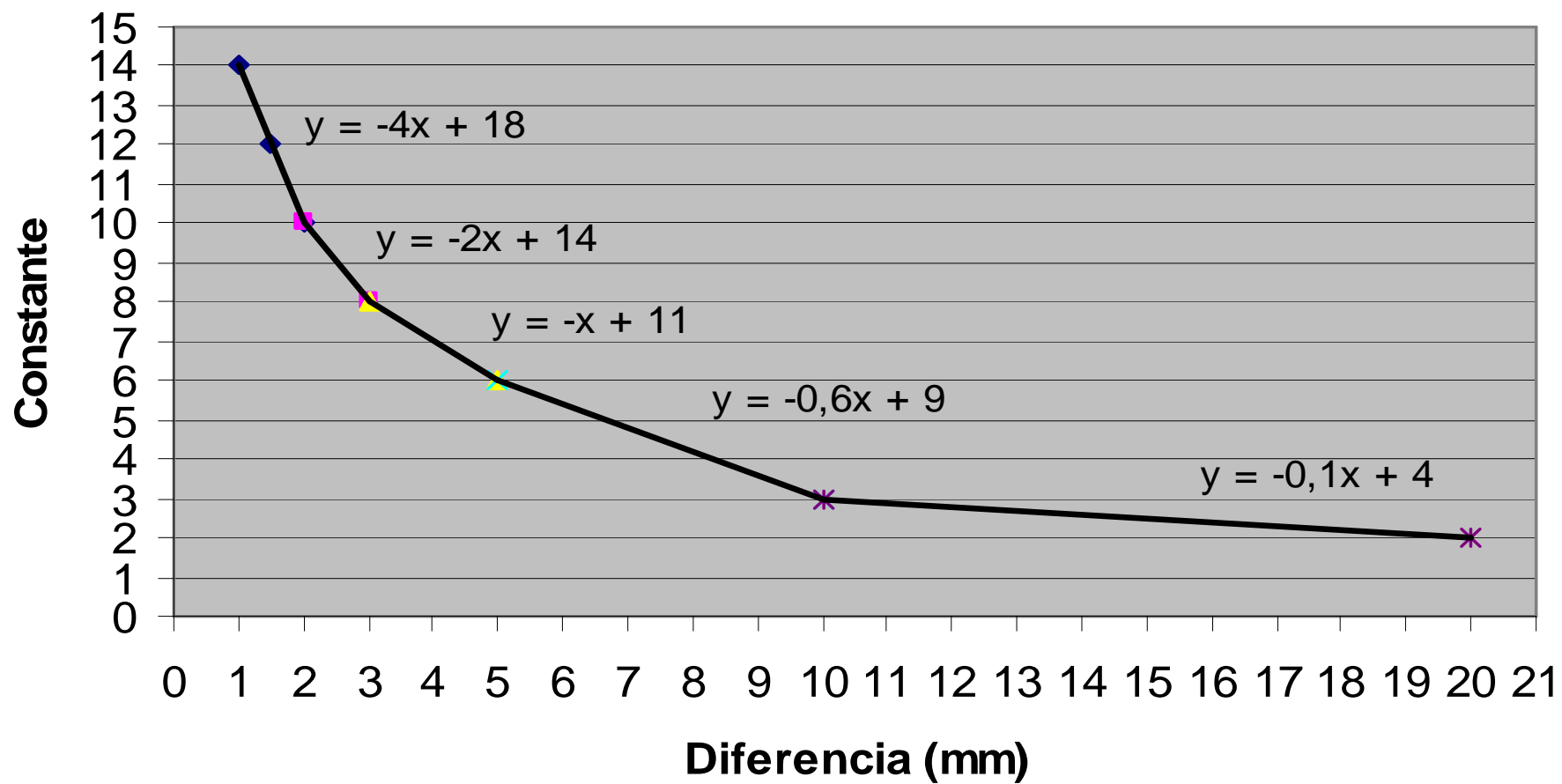
### 36110-99000439-ET45 Micro [0-5]



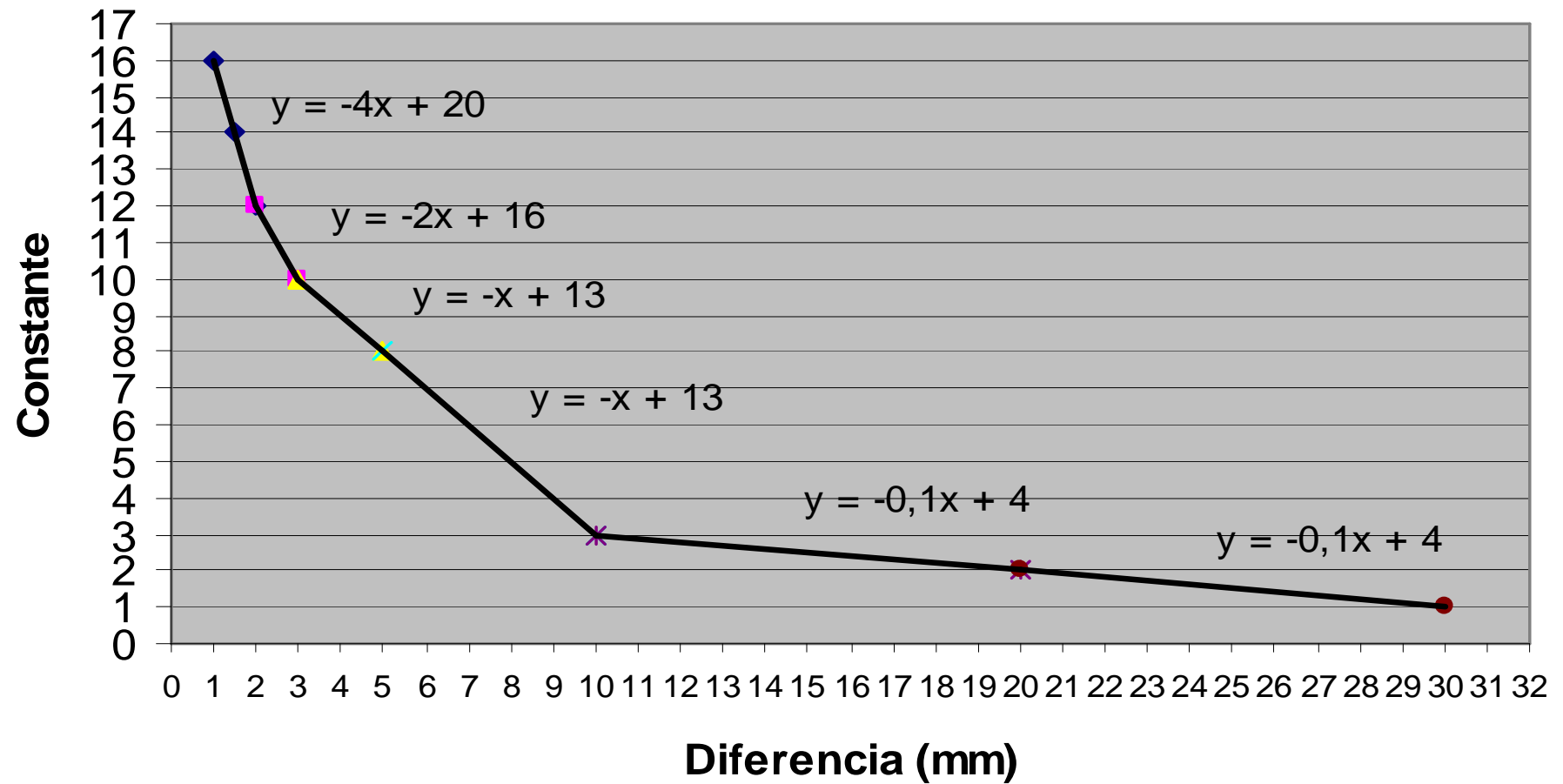
### 36110-99000439-ET45 Micro [5-10]



### 36110-99000439-ET45 Micro [10-15]

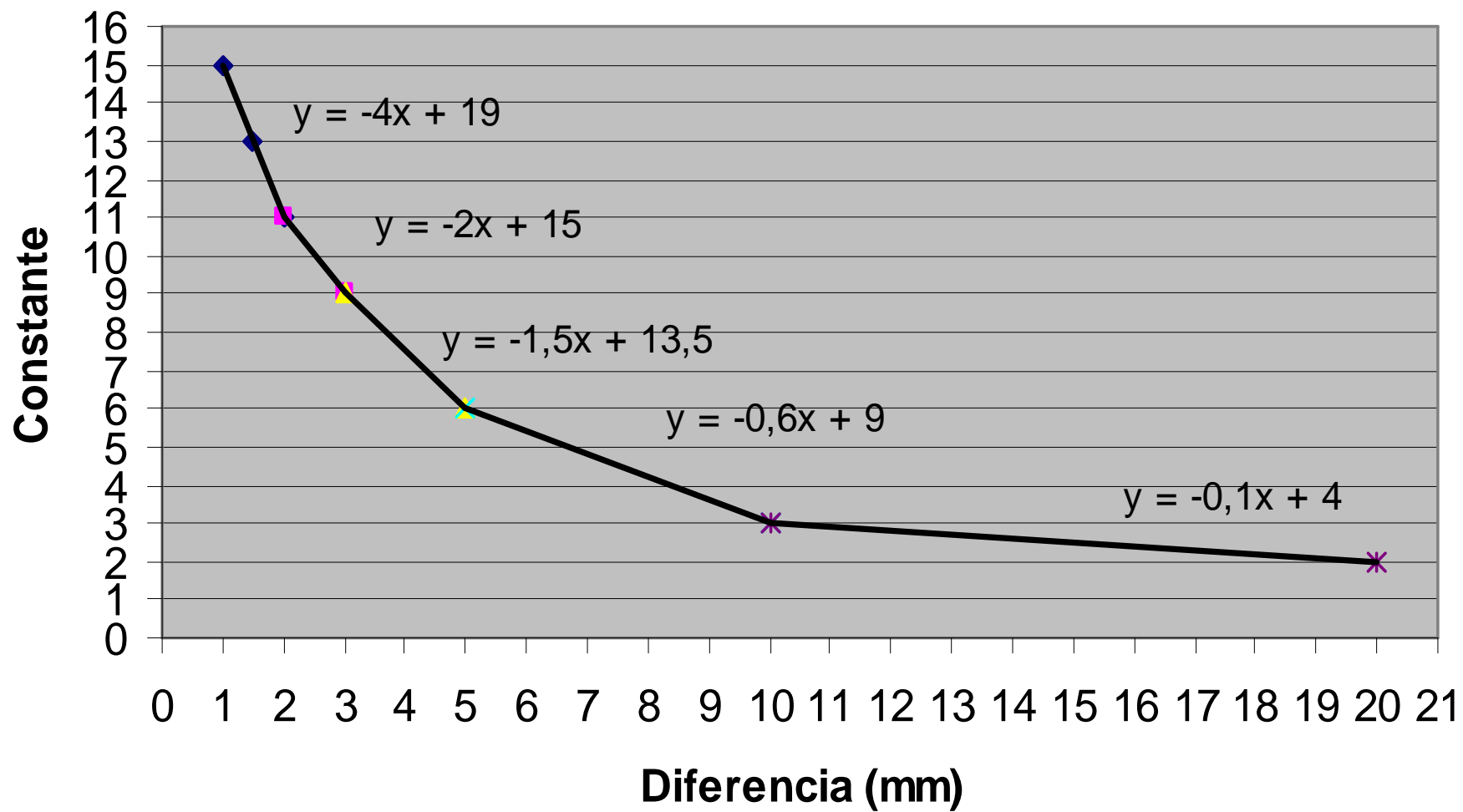


### 36110-99000439-ET45 Micro [15-25]

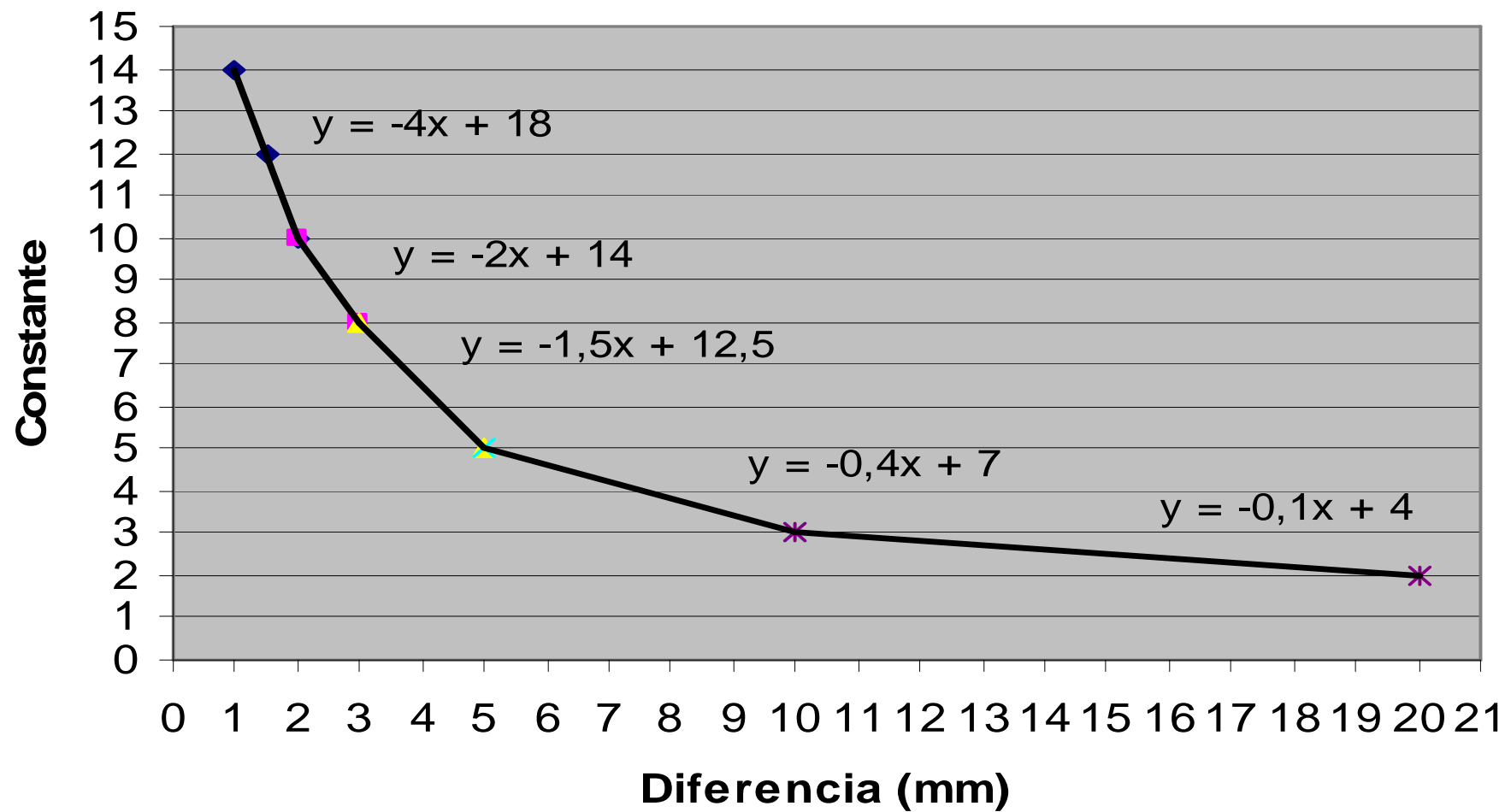




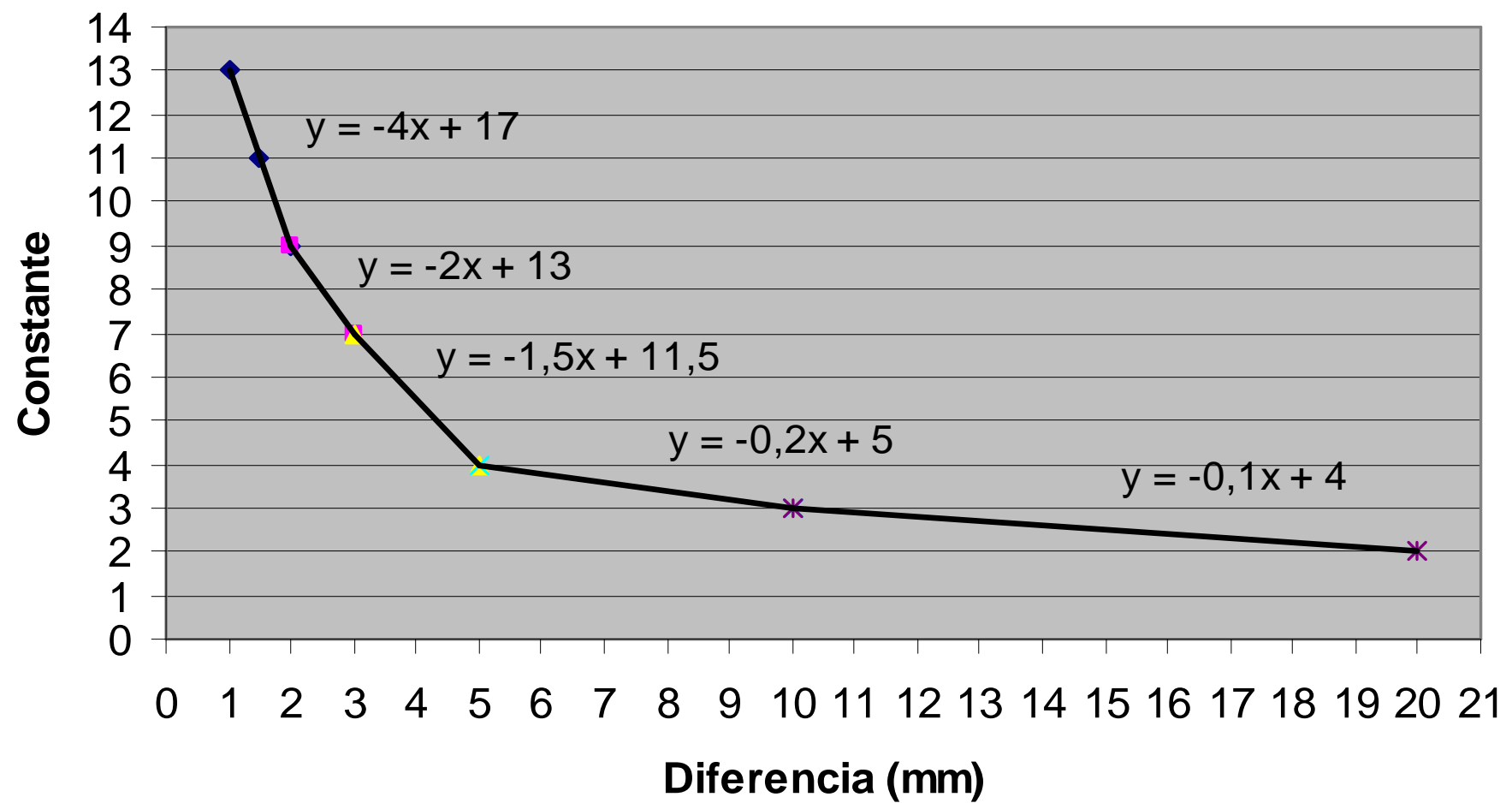
## 36110-99000439-ET45 Micro [10-15]



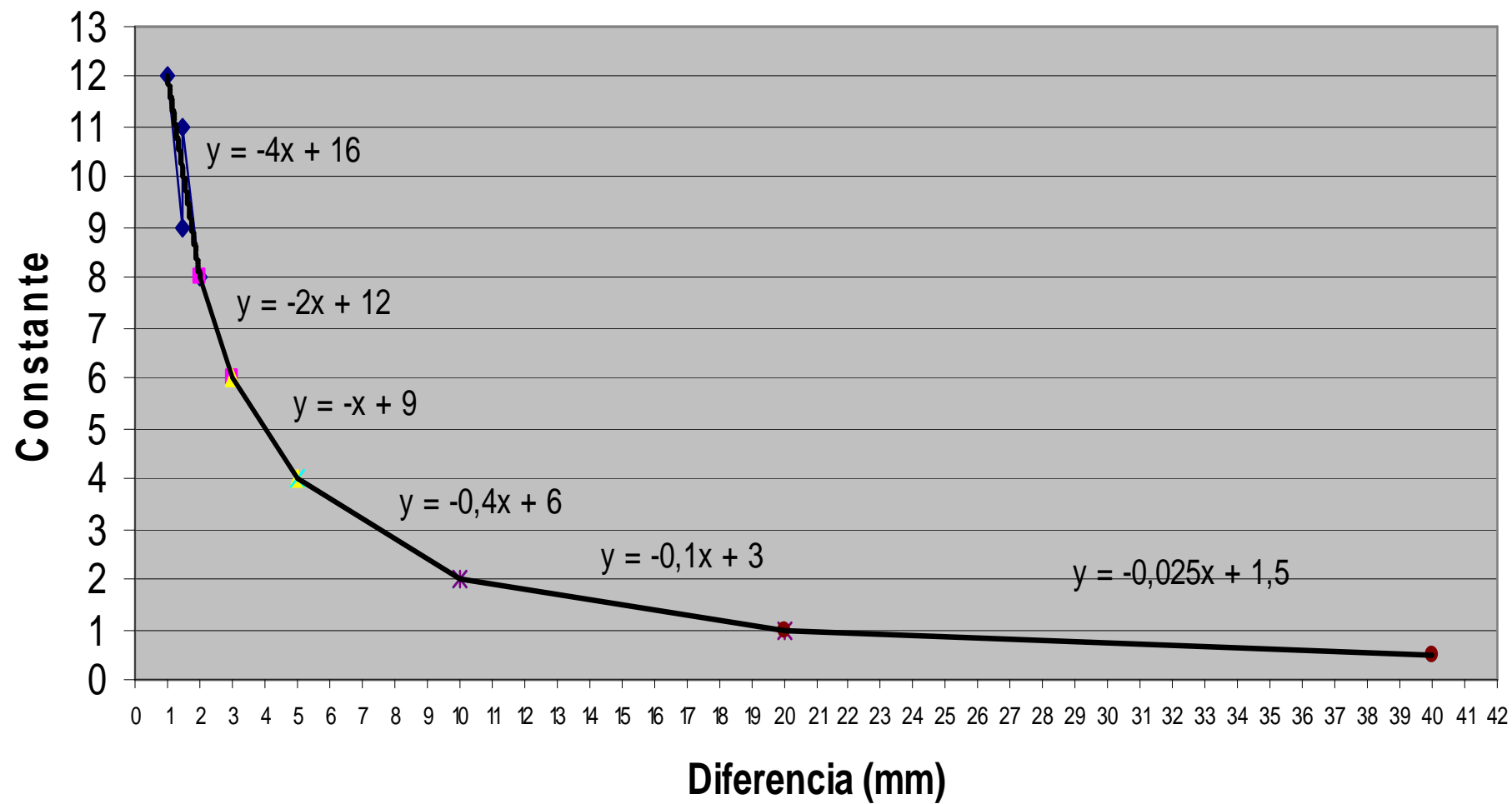
## 36110-99000439-ET45 Micro [5-10]



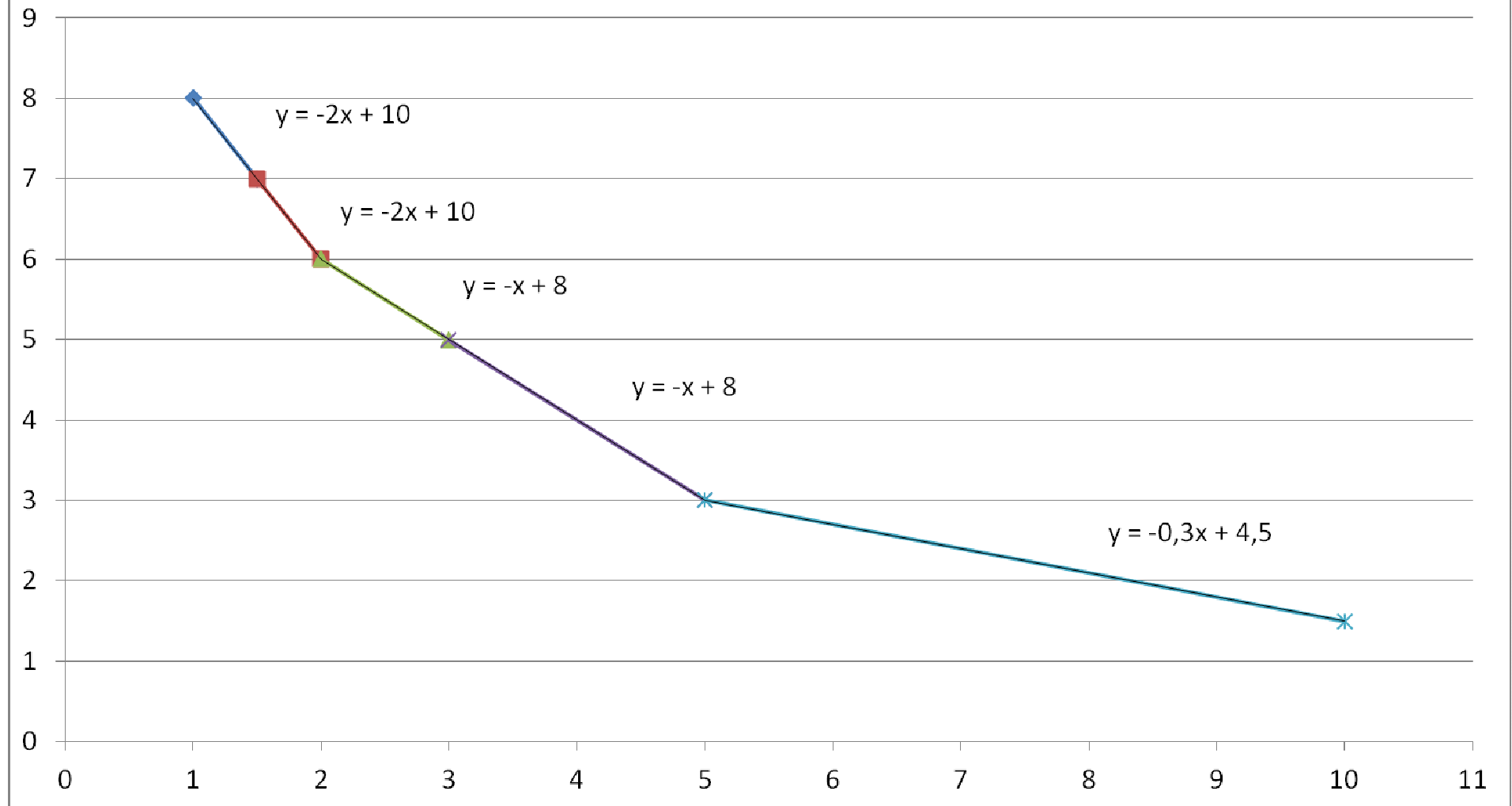
## 36110-99000439-ET45 Micro [0-5]



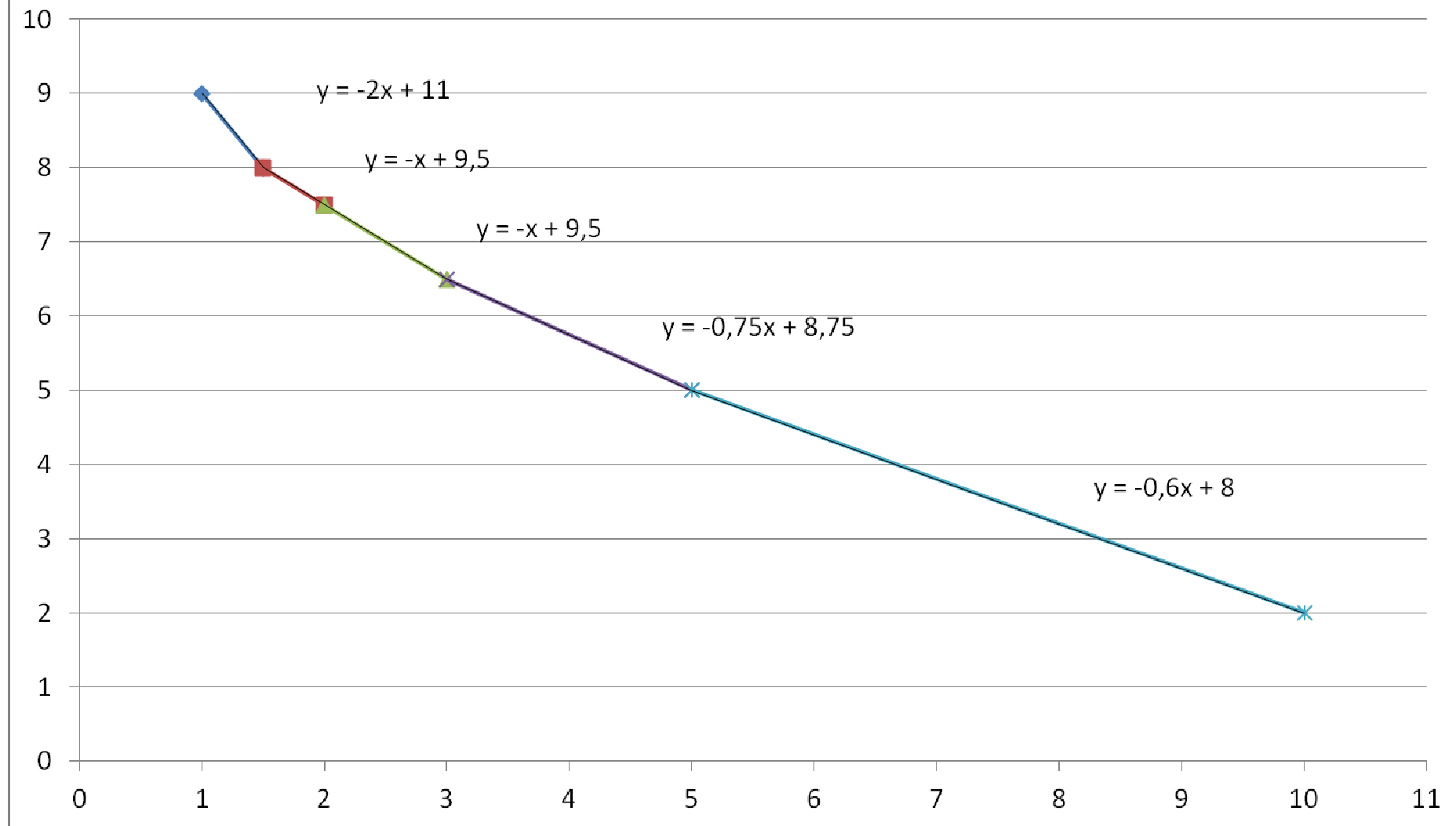
## 36110-99000440-ET45 Micro [25-35]



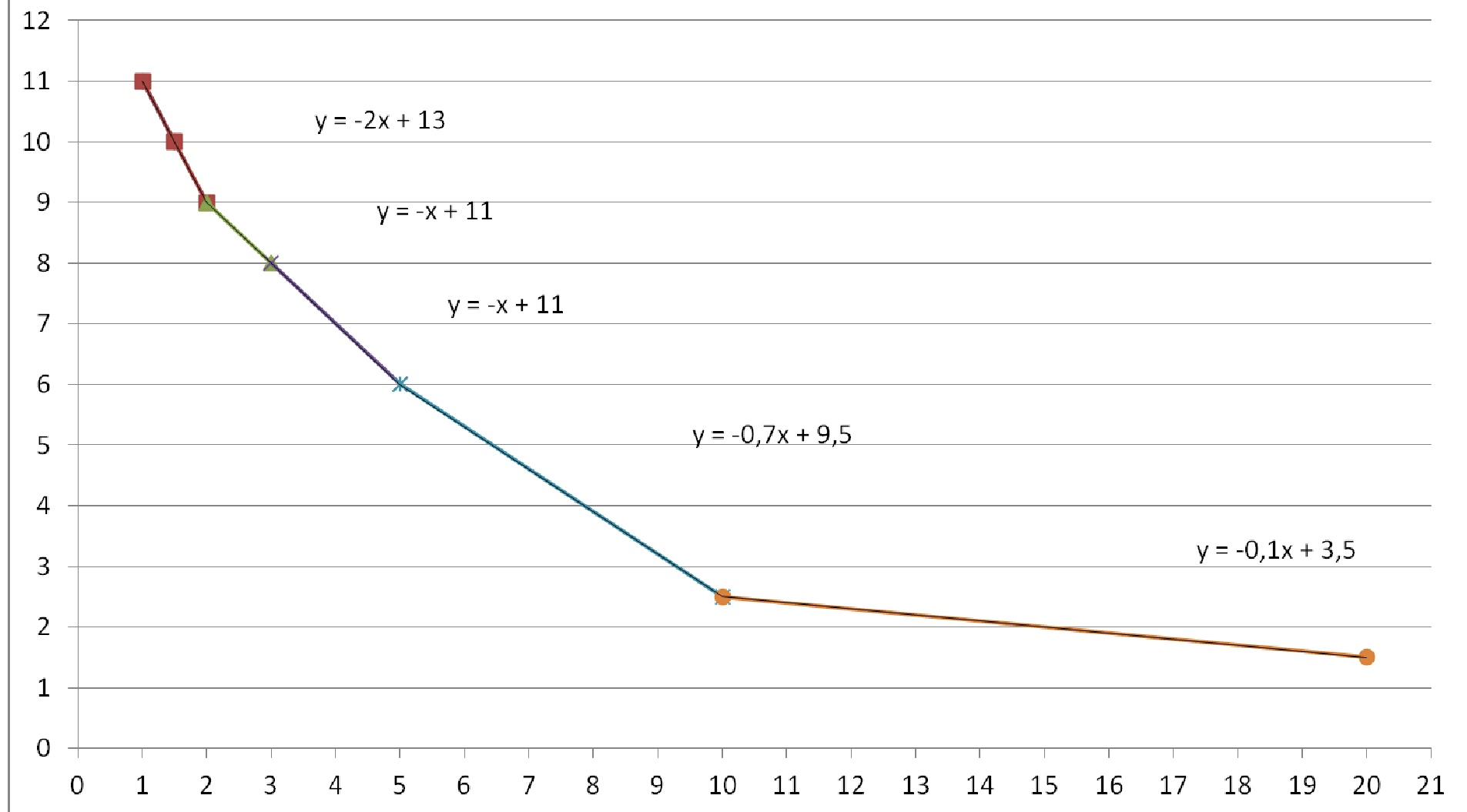
## 36140-99000495-G4852 MicroET1 [0-5]



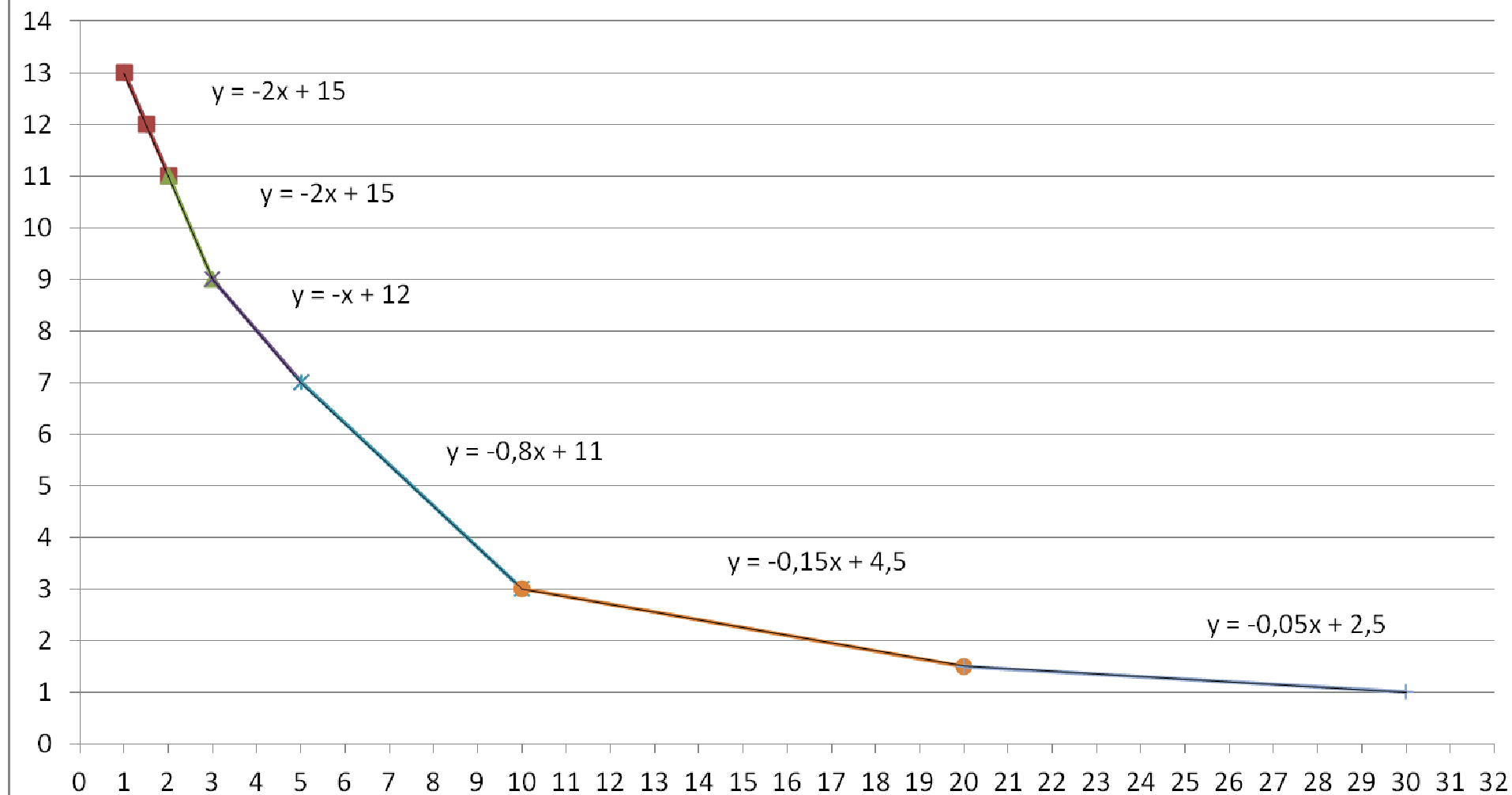
## 36140-99000495-G4852 MicroET1 [5-10]



## 36140-99000495-G4852 MicroET1 [10-20]

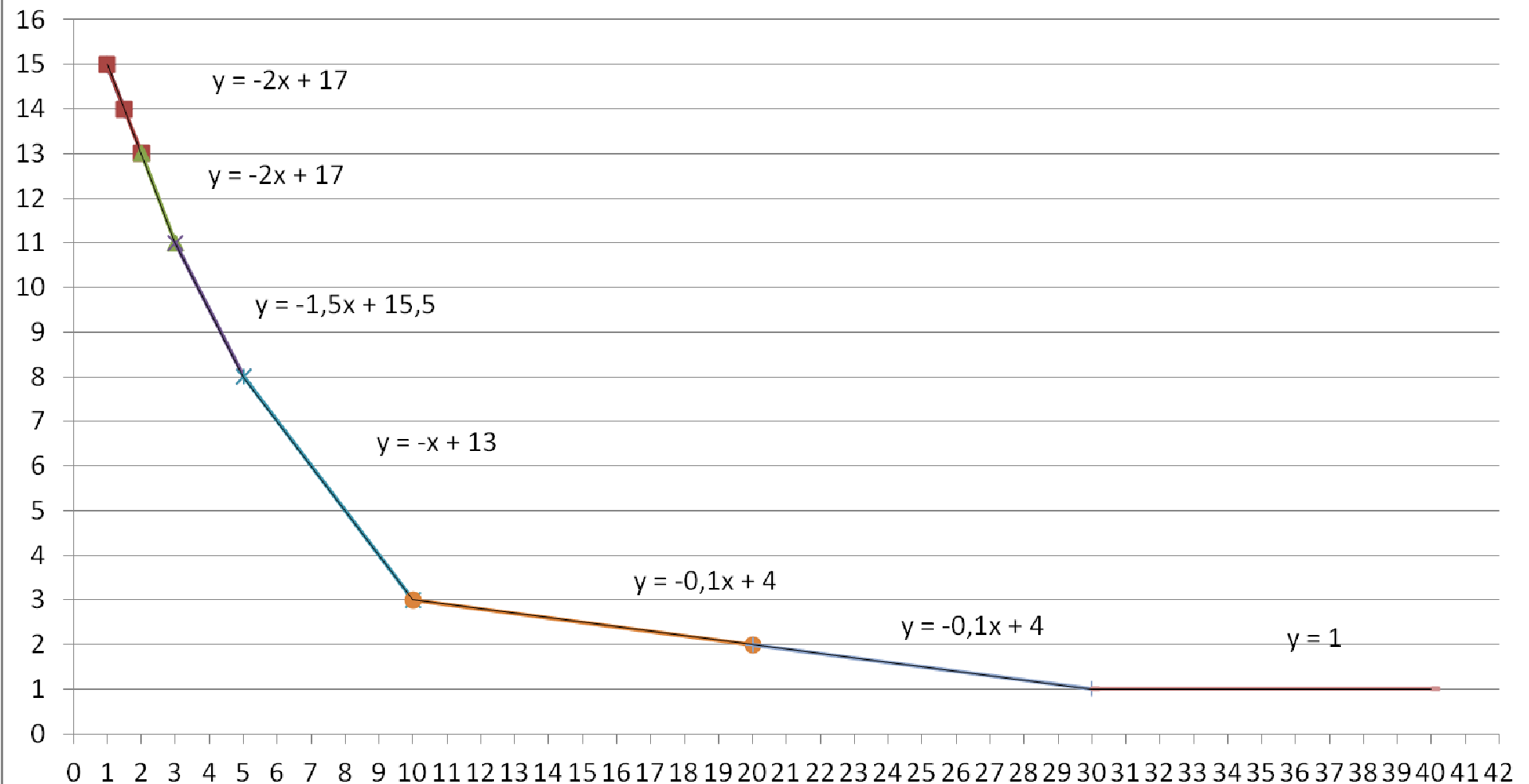


## 36140-99000495-G4852 MicroET1 [20-30]

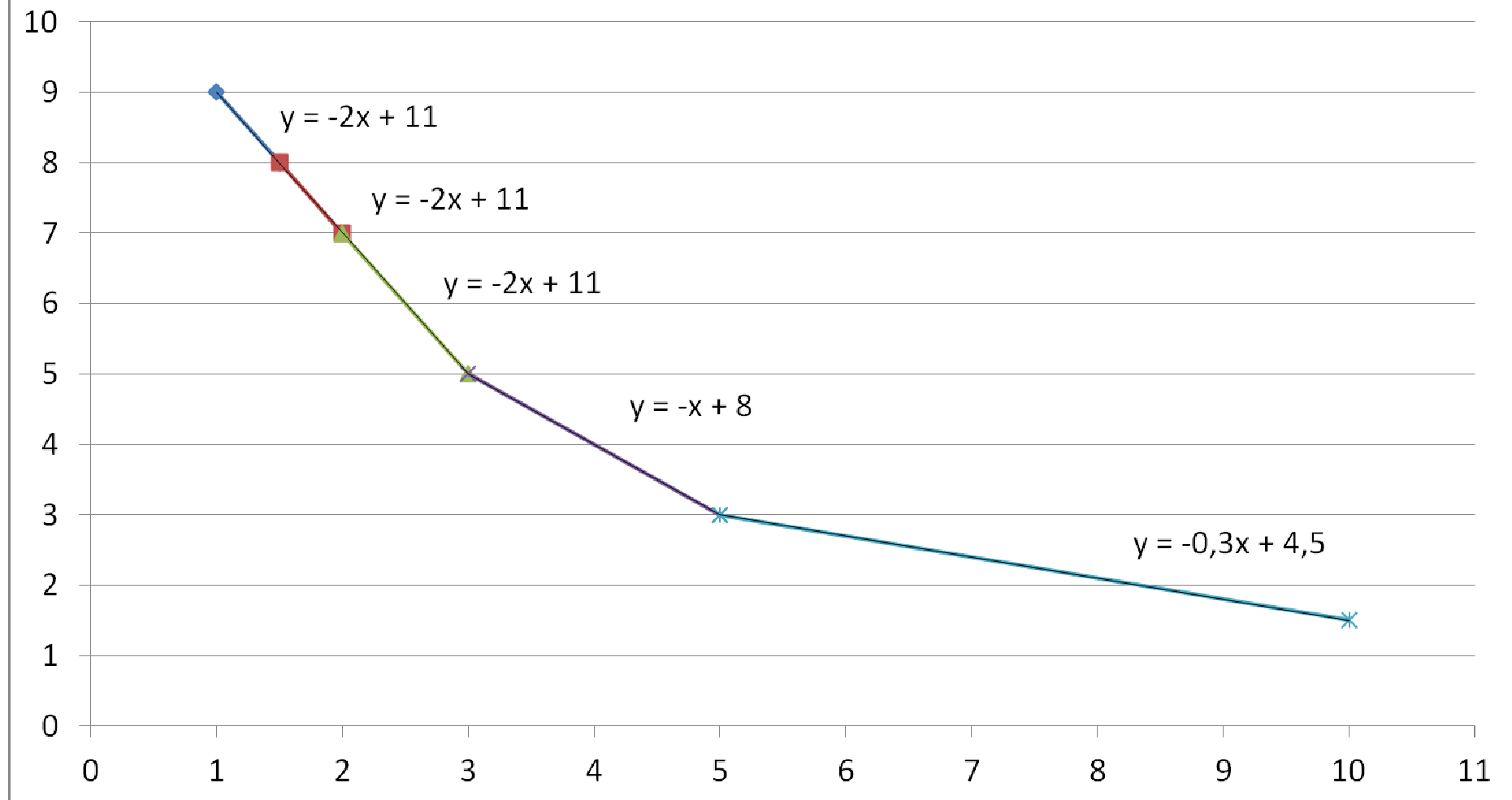




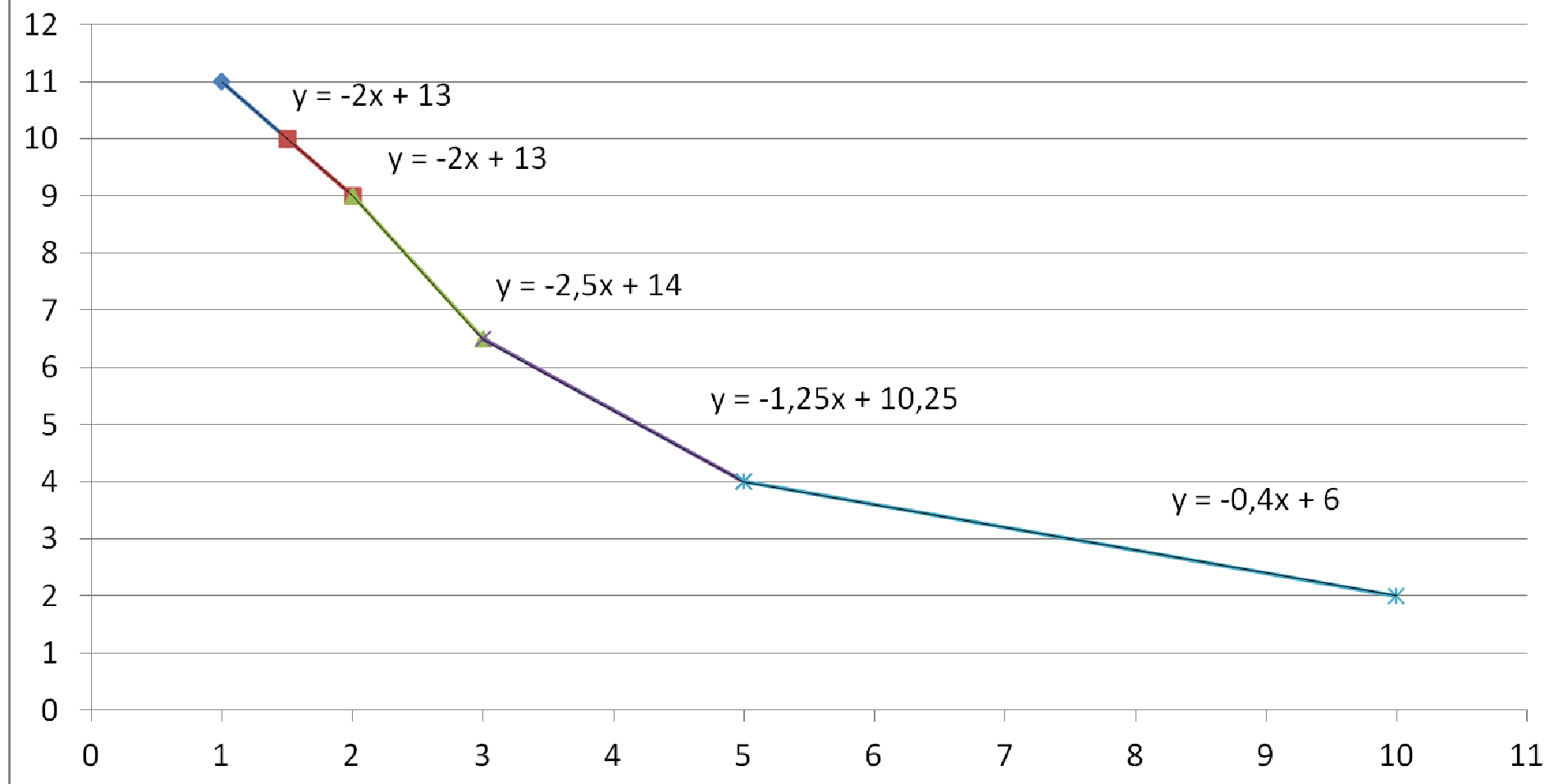
## 36140-99000495-G4852 MicroET1 [30-40]



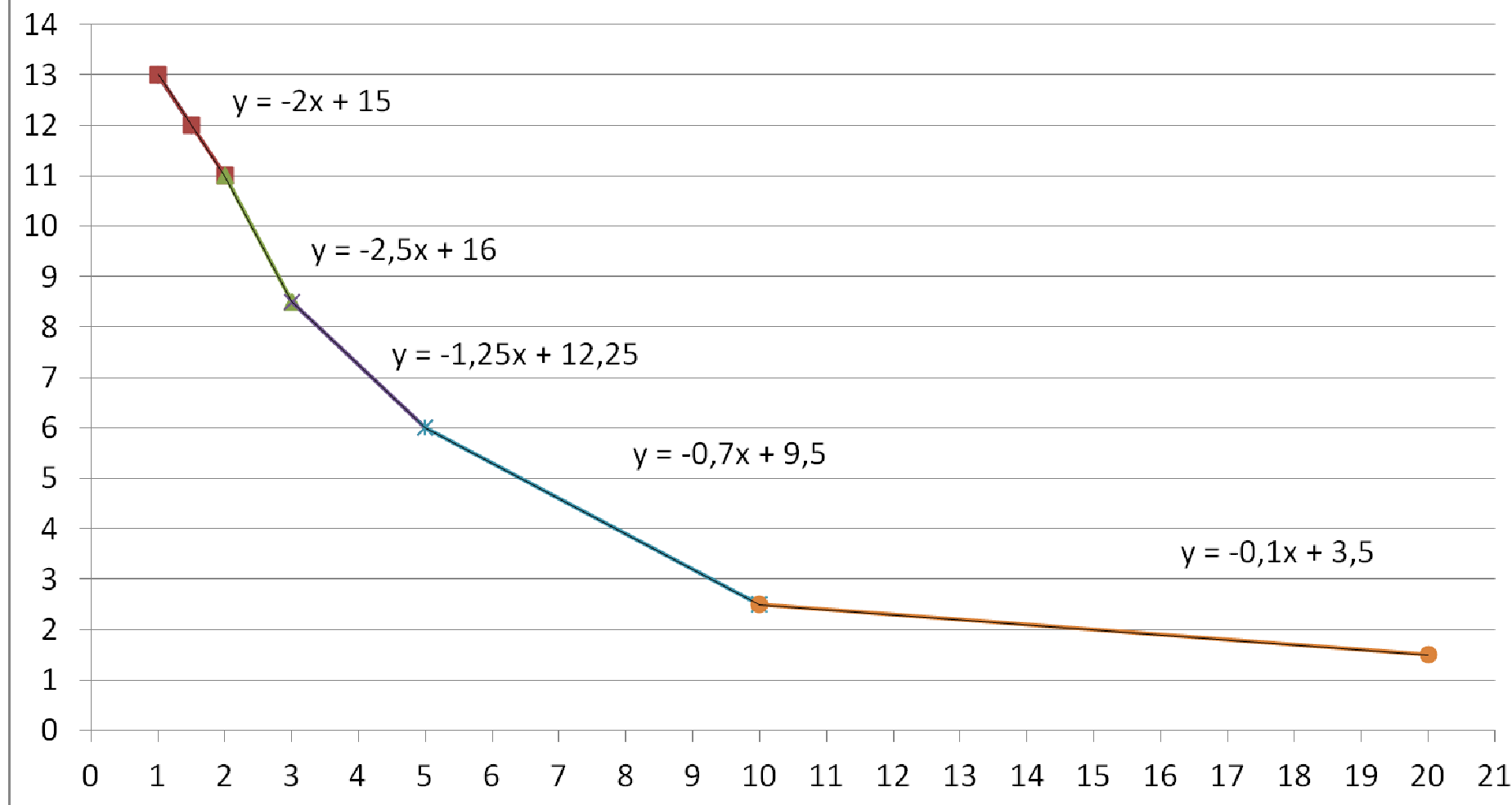
## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [0-5]



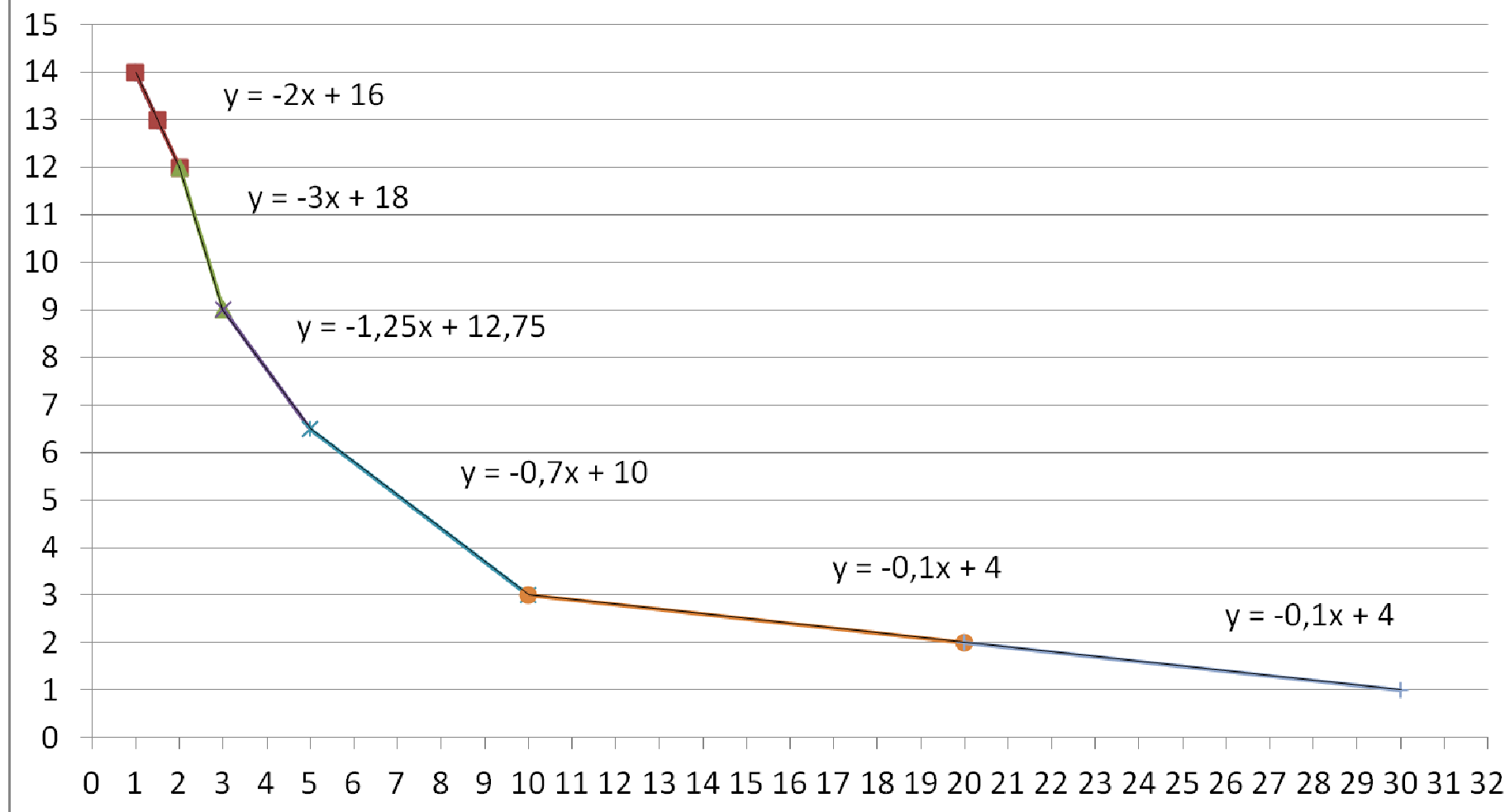
## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [5-10]



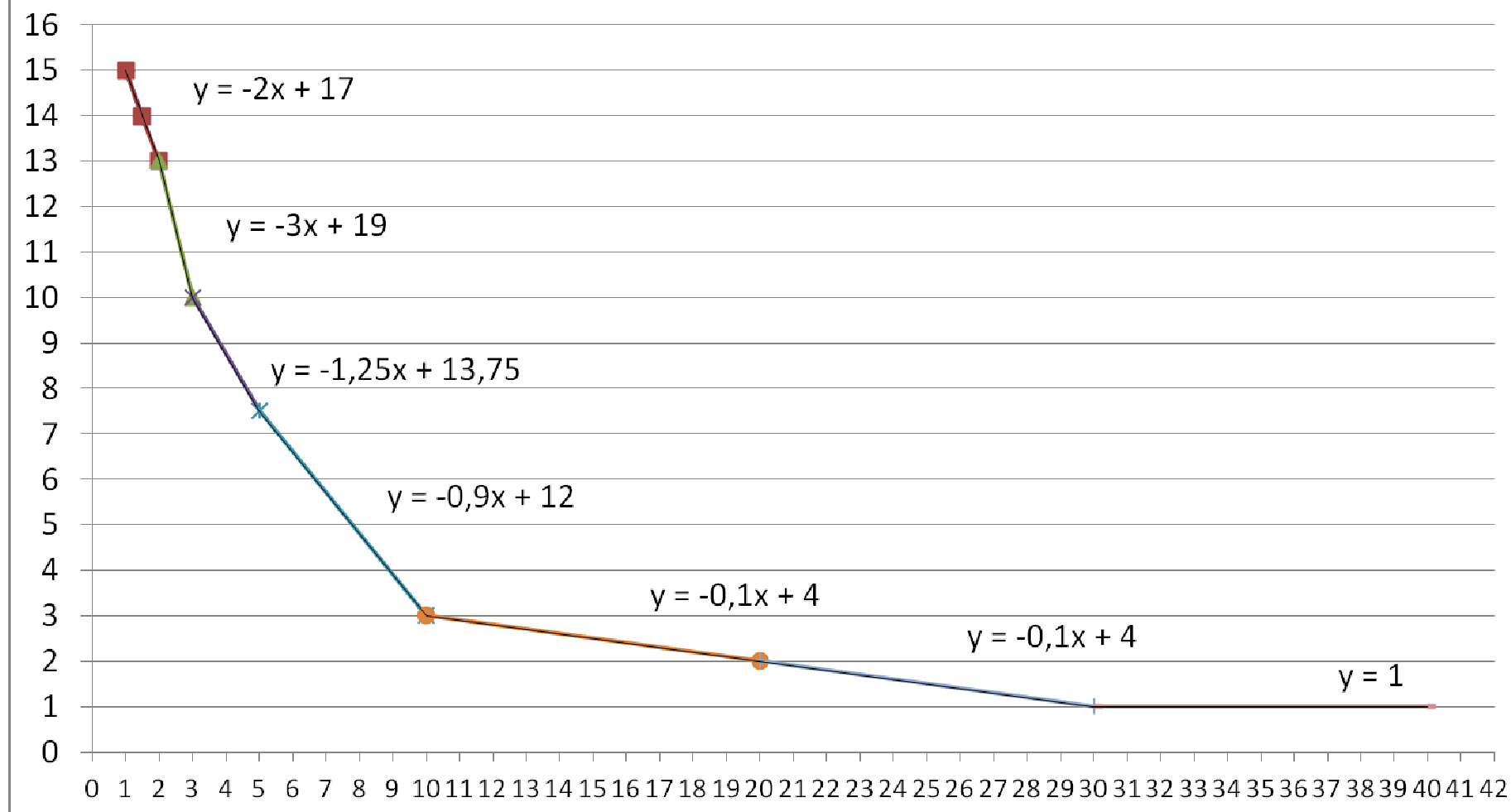
## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [10-20]



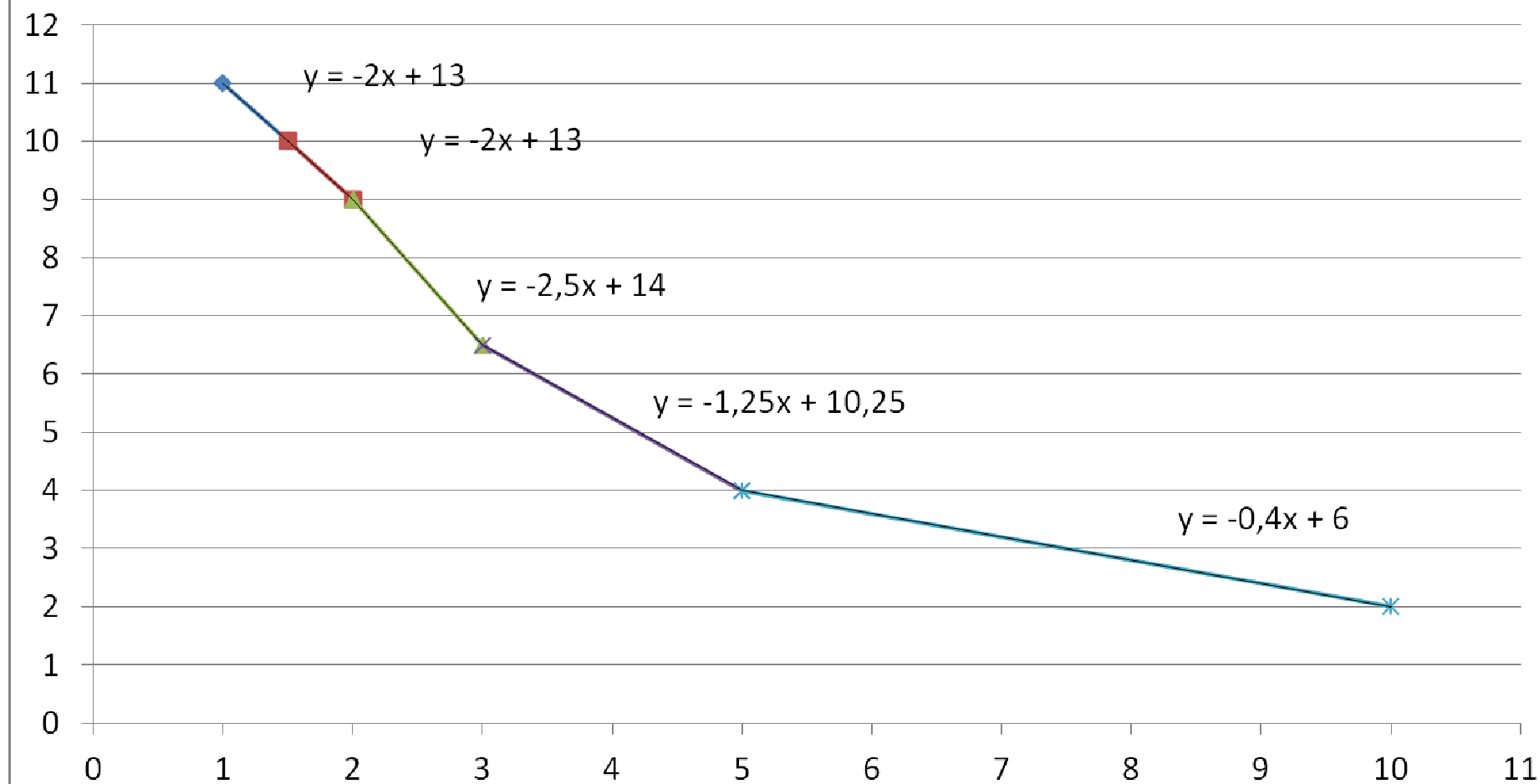
## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [20-30]



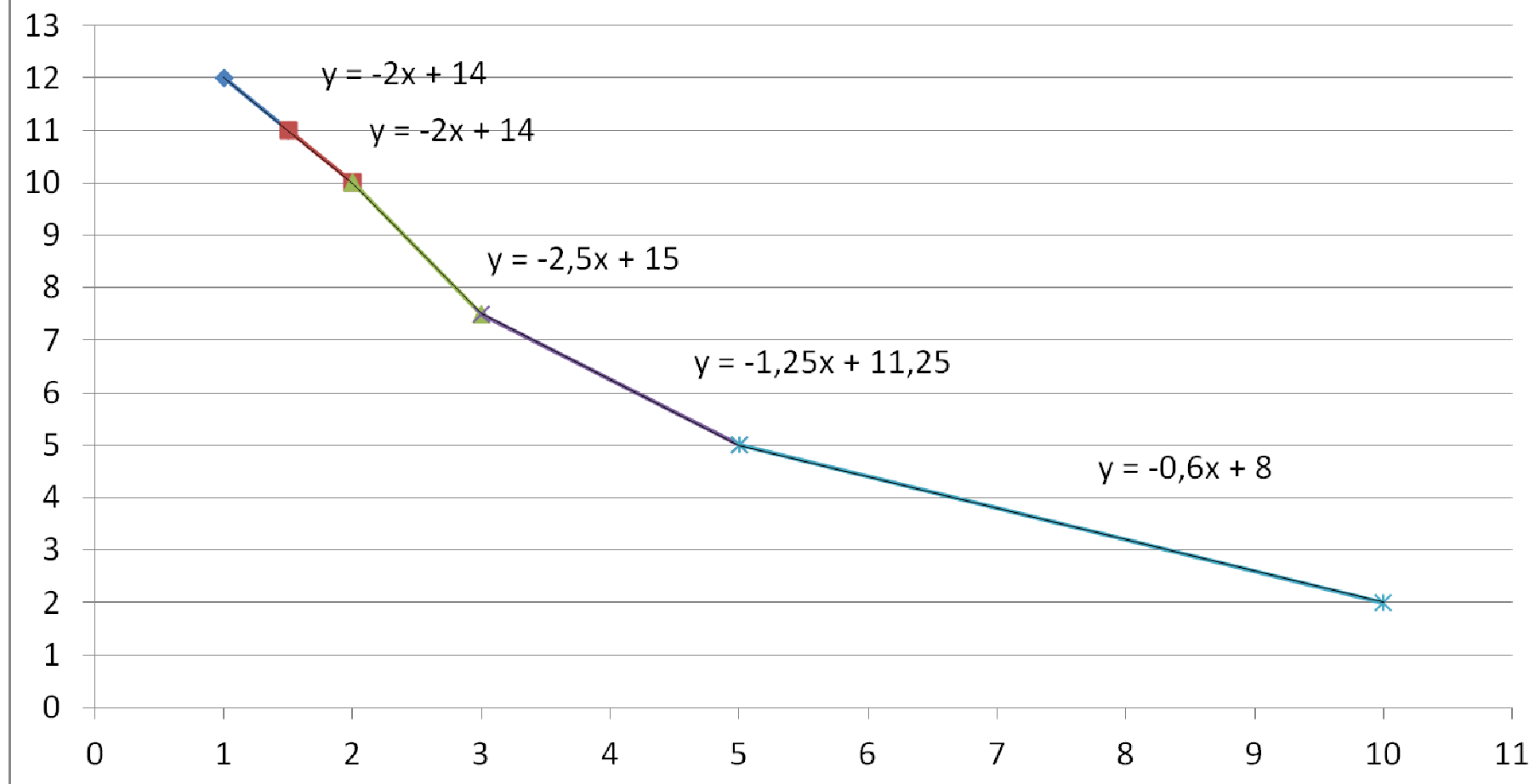
## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [30-40]



## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [0-5]

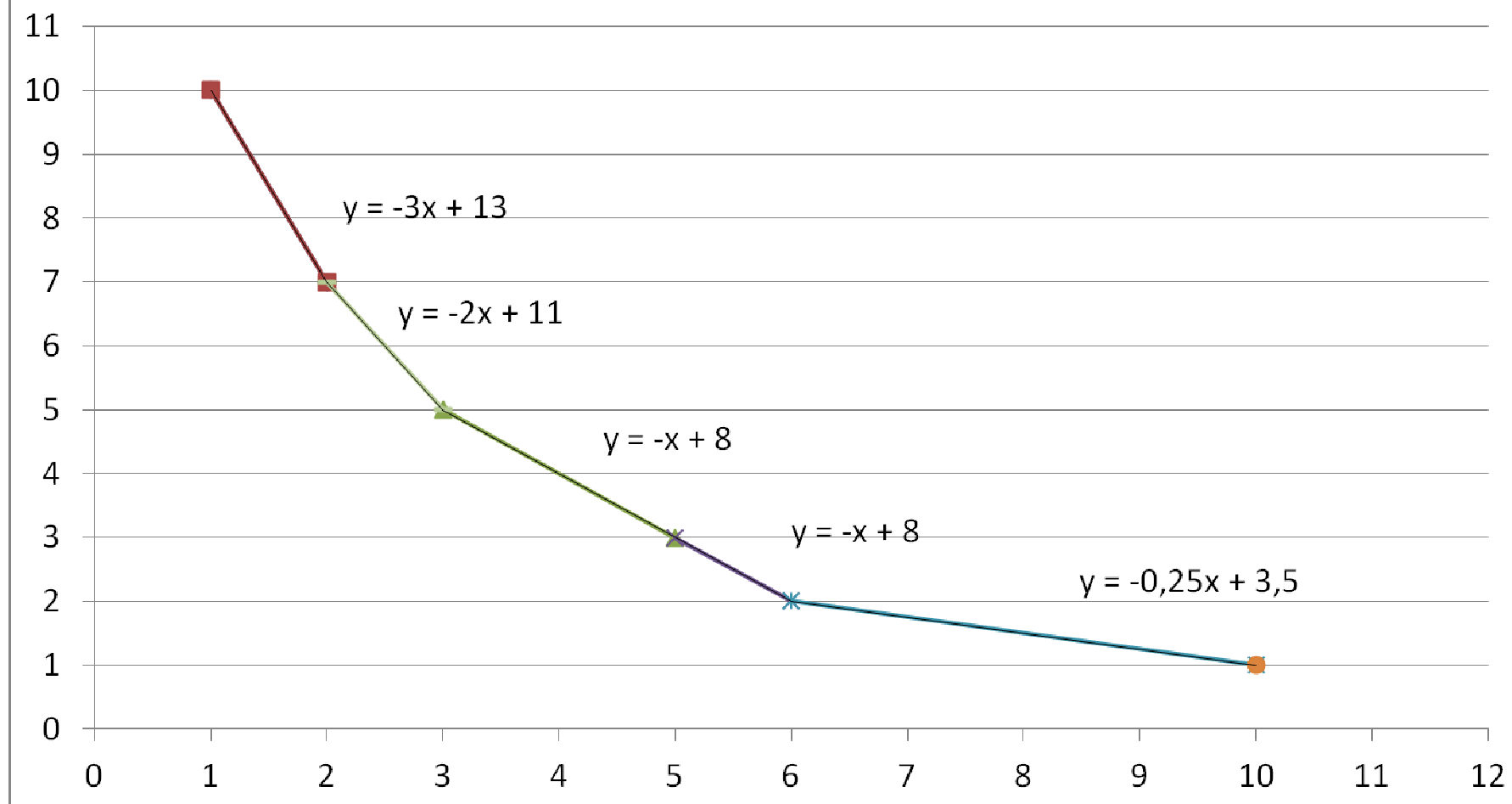


## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 [5-10]

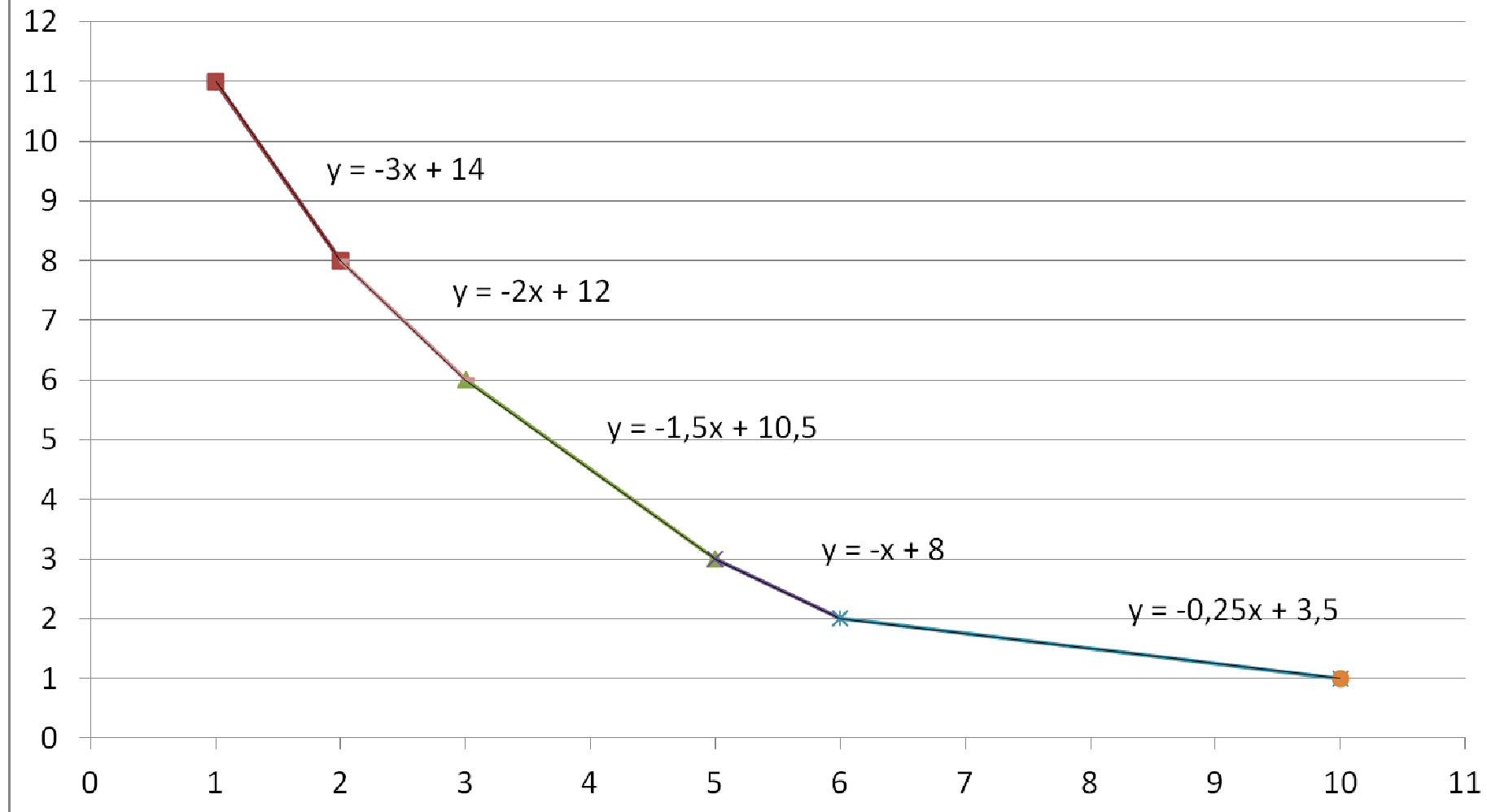




## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 Lado B [0-3,5]



## 37008-99000507-G4852 MicroRE1 Lado B [3,5-7]





## ANEXO 4: TINTA ROLMARK

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Marconi Data Systems Inc.

FRAMUN

Ctra. Vic, Km 2,600

08243 MANRESA (SPAIN)

Tel. 93 873 51 42

Fax. 93 874 15 59

Designación del producto: Tintas Rolmark

Nº de documento: 23661EN

Revisión: G

Fecha de autorización: 10 de Abril del 2000

Página 1 de 8

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO Y DE LA SOCIEDAD/EMPRESA

Designación del producto:

Tintas de estarcir Rolmark

Códigos del producto:

1F151, 1F152, 1F153, 20887, 20889, 20891, 20893, 20894, 20895, 20896, 20898, 20900, 20903, 20908, 20909, 20911, 20915, 20917, 20919, 20923, 20926, 20928, 20929, 20930, 20940, 20941, 30068, 5A132

Uso general:

Tinta de marcado para equipos de imprenta

Fabricante:

Marconi Data Systems Inc.

P.O. Box 338

707 East B Street

Belleville, IL 62222, USA

Teléfono: 00-1-618-234-1122

Fax: 00-1-618-234-1529

NÚMERO DE TELÉFONO DE EMERGENCIA LAS 24 HORAS:

Emergencia Médica: Centro de Toxicología de Rocky Mountain -00-1-303-623-5716

Emergencia de transporte: CHEMTREC-800-424-9300 (Internacional 001- 703-527-3887)

### 2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES\*

<u>Componente</u>	<u>Nº CAS</u>	<u>% en peso</u>
Alcohol de diacetona	123-42-2	60-90%
Dietilenglicol monoetiléter	111-90-0	5-10%
Negro carbón	1333-86-4	0-7%
Dióxido de silicio (sin fase cristalina)	112945-52-5	1-5%
Dietilenglicol	111-46-6	1-5%
Dipropilenglicol	25265-71-8	1-5%
Otros componentes no peligrosos	Propietario	10-30%

\*Véase la Sección 8 para conocer la información sobre límites de exposición.

Véase la Sección 11 para conocer la información de toxicidad.

Véase la Sección 15 para conocer la información reglamentaria.

**Continuación de HDSM en página siguiente.**

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 2

Fecha de autorización: 10 de abril del 2000  
Designación del producto: Tintas de estarcir Rolmark

## 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

**En el caso de emergencia médica, ponerse en contacto con el Centro de Control Toxicológico: 00-1-303-623-5716**

**SINOPSIS PARA EMERGENCIAS:** Líquido inodoro. Inflamable. Provoca irritación de los ojos. Evitar el contacto con los ojos y la piel.

### EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

**INHALACIÓN:** la exposición prolongada puede provocar depresión del sistema nervioso central (SNC).

**CONTACTO CON LOS OJOS:** provoca irritación. Entre los síntomas destaca la urgencia de rascarse, el enrojecimiento o el escozor.

**CONTACTO CON LA PIEL:** puede provocar irritación. Entre los síntomas se incluye el enrojecimiento o el picor.

**INGESTA:** no cabe esperar efectos adversos.

**CRÓNICOS:** la exposición prolongada al dietilenglicol monoetiléter (no mezclado) ha provocado efectos adversos a los riñones y a la hemoglobina.

## 4. MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

**INHALACIÓN:** si se produce una exposición a niveles excesivos de vapor o neblina, sacar a la persona afectada a un área con aire no viciado y solicitar atención médica si se produce tos u otros síntomas.

**CONTACTO CON LOS OJOS:** lavarse inmediatamente los ojos con abundante agua. Solicitar atención médica si persiste la irritación.

**CONTACTO CON LA PIEL:** lavar con agua y jabón. Solicitar atención médica si se produce o persiste la irritación.

**Continuación de HDSM en página siguiente.**

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 3

Fecha de autorización: 10 de abril del 2000  
Designación del producto: Tintas de estarcir Rolmark

INGESTA: la ingesta de menos de una onza no provocará daños significativos. Si se ingieren cantidades superiores, no provocar vómitos, sino dar uno o dos vasos de agua para beber y obtener atención médica.

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS Y DATOS SOBRE PELIGROS DE EXPLOSIÓN

PUNTO Y MÉTODO DE INFLAMACIÓN: Alcohol de diacetona: 126 F (52 C).  
LÍMITES DE INFLAMACIÓN: Inferior: 1,8% Superior: 6,9  
TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN: No disponible

AGENTES EXTINTORES: Utilice dióxido de carbono o un producto químico seco para los incendios de menor envergadura: espuma de alcohol, espuma universal o proyección de agua con manguera para los incendios de grandes proporciones.

PROCEDIMIENTOS PARTICULARES DE LUCHA CONTRA INCENDIOS: Eliminar todas las fuentes de ignición.

PELIGROS EXTRAORDINARIOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN: El líquido inflamable y los valores de escape pueden provocar la ignición, lo cual puede dar como resultado un incendio por inflamación. Los contenedores cerrados pueden reventar (debido al aumento de la presión) al exponerlos a un calor extremo.

## 6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

GENERALES: Consultar a un experto sobre la eliminación del material recuperado. Asegurar que la eliminación cumpla los requisitos administrativos y asegurar la conformidad a las normas y reglamentos de eliminación locales. Notificar inmediatamente a los organismos pertinentes. Adoptar todas las acciones adicionales necesarias para impedir y solucionar los efectos adversos del vertido.

VERTIDO: Eliminar las fuentes de ignición. Contener el vertido formando un dique. Absorber con material inerte y recoger para su eliminación. Lavar la zona con agua. Impedir que el líquido utilizado para el lavado vaya a parar a los recursos hidráulicos.

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Evitar el contacto con la piel y los ojos. Evitar las fuentes de ignición. Mantener los contenedores cerrados. Almacenar en un lugar fresco y seco alejado de las fuentes de calor y de luz. Impedir su congelación. Cenar a una temperatura de entre 40 – 120 grados Fahrenheit (4 – 49 grados Celsius).

**Continuación de HDSM en página siguiente.**

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 4

Fecha de autorización: 10 de abril del 2000  
Designación del producto: Tintas de estarcir Rolmark

### 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

#### LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

Alcohol de diacetona: 50 ppm (240 mg/m<sup>3</sup>)  
Negro carbón (como sólido): 3,5 mg/m<sup>3</sup>

CONTROLES DE INGENIERÍA (VENTILACIÓN): Extractor local recomendado para controlar la exposición que podría producirse en operaciones que generen vapores o neblinas de aerosol.

#### PROTECCIÓN PERSONAL:

RESPIRATORIA: Equipos de protección respiratoria adecuados para las condiciones y entorno de trabajo.

GUANTES DE PROTECCIÓN: Para operaciones en las cuales pueda producirse el contacto, llevar guantes impermeables.

PROTECCIÓN DE LOS OJOS: Llevar puestas gafas contra salpicaduras de productos químicos o gafas de seguridad apantalladas. Debe estar disponible una instalación para lavado de los ojos.

OTRAS: Para operaciones en las cuales pueda producirse el contacto, llevar ropa para limitar el contacto con la piel.

### 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

ASPECTO: Líquido coloreado

OLOR: Inodoro

PRESIÓN DE VAPOR: 0,9-1,0 mm Hg

PESO ESPECÍFICO: aprox. 0,99 - 1,25

SOLUBILIDAD en agua: soluble

pH: no disponible

ÍNDICE DE EVAPORACIÓN: aprox. < 1

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES:

750-770 g/l

PUNTO DE CONGELACIÓN: aprox. -55 F (-48°C)

PUNTO DE EBULLICIÓN: aprox. 332°F (165°C)

DENSIDAD DE VAPOR: más pesado que el aire

PORCENTAJE DE VOLÁTILES: 76-80 (incluye el agua)

VISCOSIDAD: 50-54 ku

### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD: Estable

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA: No se produce

CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE: Calor excesivo

**Continuación de HDSM en página siguiente.**

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 5

Fecha de autorización:	10 de abril del 2000
Designación del producto:	Tintas de estarcir Rolmark

INCOMPATIBILIDAD: No se conoce incompatibilidad alguna  
PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA PELIGROSOS: La descomposición térmica puede producir óxidos de carbón.

### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

TOXICIDAD AGUDA: Los productos representados en estas hojas de datos de seguridad del material no han sido verificados para determinar sus efectos toxicológicos agudos. Se facilitan los datos de toxicidad disponibles para los componentes peligrosos citados en la Sección 2.

#### EFFECTOS DE LA INHALACIÓN:

Alcohol de diacetona: Las ratas expuestas a 1065 ppm en aire durante 8 horas no experimentaron muertes. Puede provocar depresión del sistema nervioso central (SNC)  
Dietilenglicol monoetiléter: No hay datos disponibles.

#### EFFECTOS SOBRE LOS OJOS:

Alcohol de diacetona: Irritante moderado.  
Dietilenglicol monoetiléter: Irritante moderado.

#### EFFECTOS SOBRE LA PIEL:

Alcohol de diacetona: Irritante ligero. Dosis letal LD<sub>50</sub> cutánea (en conejo) 13,6 g/kg  
Dietilenglicol monoetiléter: Irritante moderado. Dosis letal LD<sub>50</sub> cutánea (en conejo) 9,1 g/kg.

#### EFFECTOS EN CASO DE INGESTA ORAL:

Alcohol de diacetona: Dosis letal LD<sub>50</sub> oral (en rata) = 4,0 g/kg  
Dietilenglicol monoetiléter: Dosis letal LD<sub>50</sub> oral (en rata) = 10,5 g/kg.  
Dipropilenglicol: Dosis letal LD<sub>50</sub> oral (en rata) = 15 g/kg.  
Dióxido de silicio (sin fase cristalina): Dosis letal LD<sub>50</sub> (en rata) > 5 g/kg.  
Resina (CAS 68152-50-1, no peligrosa): Dosis letal LD<sub>50</sub> oral (en rata) > 5 g/kg.  
Cera (CAS 110-30-5, no peligrosa): Dosis letal LD<sub>50</sub> oral (en rata) > 5 g/kg.

EFFECTOS SUBCRÓNICOS: Los productos representados por estas hojas de datos de seguridad del material no han sido sometidos a pruebas para determinar sus efectos toxicológicos subcrónicos. En un estudio de inhalación empleando alcohol de diacetona, las ratas recibieron dosis de hasta 950 ppm durante 6 h/día, 5 días/semana durante 6 semanas. Se observaron daños renales y hepáticos. En otro estudio, las ratas recibieron 40 mg/kg/día de alcohol de diacetona en el agua que bebieron durante 30 días. Se observaron daños renales y hepáticos. Se desconoce la significancia de estos estudios para el ser humano.

EFFECTOS CRÓNICOS/CARCINOGENICIDAD: Los productos representados por estas hojas de datos de seguridad del material no han sido sometidos a pruebas para determinar sus efectos toxicológicos crónicos. Los productos químicos incluidos en los estudios y contenidos en estos productos no han provocado cáncer u otros efectos crónicos.

Continuación de HDSM en página siguiente.



# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 6

Fecha de autorización: 10 de abril del 2000  
Designación del producto: Tintas de estarcir Rolmark

Componentes listados como carcinógenos por los organismos reguladores

OSHA: No listado ninguno

IARC: No listado ninguno

NTP: No listado ninguno

**MUTAGENICIDAD:** Los productos representados por estas hojas de datos de seguridad del material no han sido sometidos a pruebas para determinar sus efectos toxicológicos mutagénicos. Los productos químicos sometidos a pruebas y contenidos en estos productos no han provocado efectos mutagénicos.

**EFFECTOS EN LA REPRODUCCIÓN:** Los productos representados por estas hojas de datos de seguridad del material no han sido sometidos a pruebas para determinar sus efectos toxicológicos en la reproducción. El dietilenglicol administrado por vía oral a ratas embarazadas provocó una cierta toxicidad a las madres, a los embriones y a los fetos, pero no se observaron defectos de nacimiento. En otro estudio, se administró dietilenglicol a conejillos de indias mediante una inyección por vía intrapleural. Se observaron efectos en el desarrollo así como toxicidad. Se desconoce la significancia de estos estudios para el ser humano. Otros productos químicos incluidos en los estudios y contenidos en estos productos no provocaron defectos de nacimiento.

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

**INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA:** Los productos representados por estas hojas de datos de seguridad del material no han sido sometidos a pruebas para determinar sus efectos ecológicos. Los datos limitados disponibles sobre el alcohol de diacetona y sobre el dietilenglicol monoetiléter hacen pensar que tales productos químicos no son tóxicos para las formas de vida acuática.

**INFORMACIÓN FATAL SOBRE PRODUCTOS QUÍMICOS:** No hay datos disponibles.

## 12. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

Eliminar cumpliendo las leyes o reglamentos locales y nacionales pertinentes. No reutilizar contenedores "vacíos".

## 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

**TRANSPORTE POR CARRETERA (MINISTERIO DE TRANSPORTES DE EE.UU.):** No está regulado por el Ministerio de Transportes de EE.UU. (DOT).

**TRANSPORTE POR VÍA AÉREA (IATA):** Tinta de imprenta, 3, UN1210, PG III [Y/Z] [ERG 129]

**TRANSPORTE TRANSOCEÁNICO (IMCO):** Tinta de imprenta, clase 3,3, UN1210, PG III [Y/Z] [ERG 129]

[Punto de inflamación 126 °F, 52°C]

**Continuación de HDSM en página siguiente.**

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 7

Fecha de autorización: 10 de abril del 2000  
Designación del producto: Tintas de estarcir Rolmark

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA (no pretendiendo ser exhaustiva)

#### ESTADOS UNIDOS

CLASIFICACIÓN DE LA OSHA: Peligroso

STATUS DE LA TSCA: Es conforme

CERCLA: No sujeto a requisitos de presentación de informes

RCRA: Es el propio usuario del producto quien debe determinar, en el momento de su eliminación, si el material debe clasificarse como desecho o residuo peligroso.

CATEGORÍAS DE PELIGRO SEGÚN SARA TÍTULO III Art. 311/312: Peligro para la salud inmediata (agudo) y diferido (crónico).

COMPONENTES COMUNICABLES SEGÚN SARA TÍTULO III Art. 313: Compuestos de bario en el glicoléter: verde < 0,7%, naranja < 1,2%, rojo < 0,08%, amarillo, < 1,5 %.

#### SUSTANCIAS DESTRUCTORA DE LA CAPA DE OZONO SEGÚN LA LEY

ANTIPOLUCIÓN: Ninguna

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PELIGROSOS SEGÚN LA LEY ANTIPOLUCIÓN:

Glicoléteres

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES: 750-770 g/l

CONEG/METALES PESADOS: Puede facilitarse información si así se solicita.

Status según el MINISTERIO DE SANIDAD DE ESTADOS UNIDOS (FDA): (21 CFR) Este producto no cuenta con autorización como aditivo alimentario, bien directo o indirecto.

Cuando este producto se aplica a la superficie exterior de los contenedores de alimentos y el propio contenedor actúa como barrera funcional de modo que no se produzca ninguna migración de los componentes de este producto al alimento, no estaría considerado aditivo alimentario.

SITUACIÓN SEGÚN LA USDA: (9CFR) Este producto no se ha previsto para convertirse en un aditivo alimentario ya sea directo o indirecto. Químicamente es aceptable para su uso en material de embalaje, si se separa de la carne de vacuno o de ave mediante una barrera eficaz que impida la migración de los componentes de este producto.

#### CANADÁ

CLASIFICACIÓN DE LA WHMIS: D2B

CEPA (Ley de Protección Medioambiental de Canadá): Es conforme

#### UNIÓN EUROPEA

CLASIFICACIÓN: Nocivo - Xi; R36

SITUACIÓN SEGÚN EL EINS: Es conforme

**Continuación de HDSM en página siguiente.**

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Nº de documento: 23661EN Revisión:G

Página 8

Fecha de autorización:	10 de abril del 2000
Designación del producto:	Tintas de estarcir Rolmark

### 16. OTRAS INFORMACIONES

#### INFORMACIÓN DE LA ETIQUETA:

##### ESTADOS UNIDOS/CANADÁ:

AVISO: Provoca irritación de los ojos. Puede provocar irritación de la piel. Evite el contacto con los ojos y la piel. Evite la inhalación de vapores.

ÍNDICES SEGÚN LA HMIS: Salud – 1, Inflamabilidad – 2, Reactividad – 0

ÍNDICES DE LA NFPA: Salud – 1, Inflamabilidad – 2, Reactividad – 0

Esta Hoja de Datos de Seguridad del Material (HDSM) se facilita al comprador directo del material al cual hace referencia sin manifestación o garantía alguna en cuanto a su integridad o precisión de cualquier información o recomendaciones contenidas en la misma. Esta HDSM no se ha previsto para crear ninguna responsabilidad de ninguna índole por parte de la Marconi Data Systems Inc. En ningún caso, Marconi Data Systems Inc. será responsable de cualquier muerte, lesiones físicas o daños de cualquier índole resultantes del uso o de haber recurrido o hecho un uso impropio de la HDSM o del material al cual hace referencia. En la presente no se realiza ninguna manifestación o garantías, ya sean expresas o implícitas, de la comerciabilidad, idoneidad para un fin determinado o cualquier otra naturaleza. Esta HDSM no se ha previsto como recomendación para usos que infrinjan patentes vigentes o que extiendan licencias con arreglo a patentes vigentes. Esta HDSM se facilita con la condición expresa de que todas las personas que la reciban harán su propia determinación en cuanto a la idoneidad para sus fines antes del uso. La responsabilidad del cumplimiento de las normas y reglamentos federales, estatales o locales pertinentes relativos a la diseminación de la HDSM y a la venta y uso del material al cual hace referencia recaen exclusivamente en el comprador.





## ANEXO 5: MATERIALES FABRICADOS EN S+C SPAIN

## Centralloy® 60 HT D

### Contents

Features, Chemical Composition, Applications. . . . .	2
Physical Properties . . . . .	3
Mechanical Properties . . . . .	4
Parametric Stress Rupture Strength . . . . .	5
High Temperature Corrosion Resistance . . . . .	6
Product Forms, Manufacturing Characteristics, Safety Information . . . . .	7

## Centralloy® 60 HT D

### Features

Centralloy® 60 HT D is a cast nickel base alloy with more than 50 % nickel, chromium, aluminium, niobium plus additions of titanium and other minor alloying elements. The alloy has excellent structural stability, very good high temperature stress rupture strength and excellent carburisation / oxidation resistance.

Chromium and aluminium synergistically form a dense and strongly-adhering oxide layer which provides excellent protection against corrosion attack.

The presence of carbon leads to the formation of  $M(C,N)$ -,  $M_7C_3$ - and  $M_{23}C_6$ -carbides.

These chromium-rich carbides of the  $M_7C_3$  and  $M_{23}C_6$  types have a profound influence on the mechanical and creep properties due to their decomposition and re-precipitation reactions in service which provides secondary carbides in a rather uniform dispersion. Through this mechanism, dislocation movement is impeded which results in significant strengthening of the alloy at elevated temperatures.

### Centralloy 60 HT D

Centralloy 60 HT D is the preferred material selection for applications which require a maximum creep resistance together with good high temperature corrosion properties.

### Chemical Composition\* (mass percent)

Carbon	0.3 – 0,6
Chromium	24 – 30
Niobium	0,4 – 1
Iron	< 10
Aluminium	2 – 3
Nickel	Balance

\*) The composition ranges can be modified according to the application.

### Applications

Tubular components requiring very high creep rupture strength combined with outstanding oxidation and excellent carburization resistance.

Centralloy® 60 HT D is designed to withstand operating temperatures >1150 °C.

The combined benefits of Centralloy® 60 HT D make this an ideal material selection for the products and applications below:

- Reformer tubes for DR plants e.g. Midrex®
- Furnace rollers
- General engineering for high temperature and hot corrosion environments, such as glass industry, waste incineration, and others

# Centralloy® 60 HT D

## Physical Properties

**Density** 7,96 g/cm<sup>3</sup>

## Typical Physical Properties

$\delta$ °C	$\alpha$ 10 <sup>-6</sup> / K	E GPa	$c_p$ J / kg K	$\rho$ $\mu\Omega$ m	$\lambda$ W / m K
20		175*	462	1,25	13,4
100	12,6	172	476	1,26	14,7
200	13,0	167	491	1,28	16,2
300	13,4	162	505	1,30	17,8
400	13,8	156	519	1,32	19,3
500	14,1	150	536	1,33	20,8
600	14,6	143	590	1,34	22,4
700	15,3	136	635	1,33	24,0
800	16,1	128	660	1,32	25,8
900	16,7	121	690	1,32	27,3
1000	17,1	113	710	1,33	28,8
1100	17,6	85	740	1,30	29,3

$\delta$  : Temperature

$\alpha$  : Mean coefficient of linear thermal expansion

E : Modulus of elasticity (\*at 25°C)

$c_p$  : Mean specific heat

$\rho$  : Electrical resistivity

$\lambda$  : Thermal conductivity

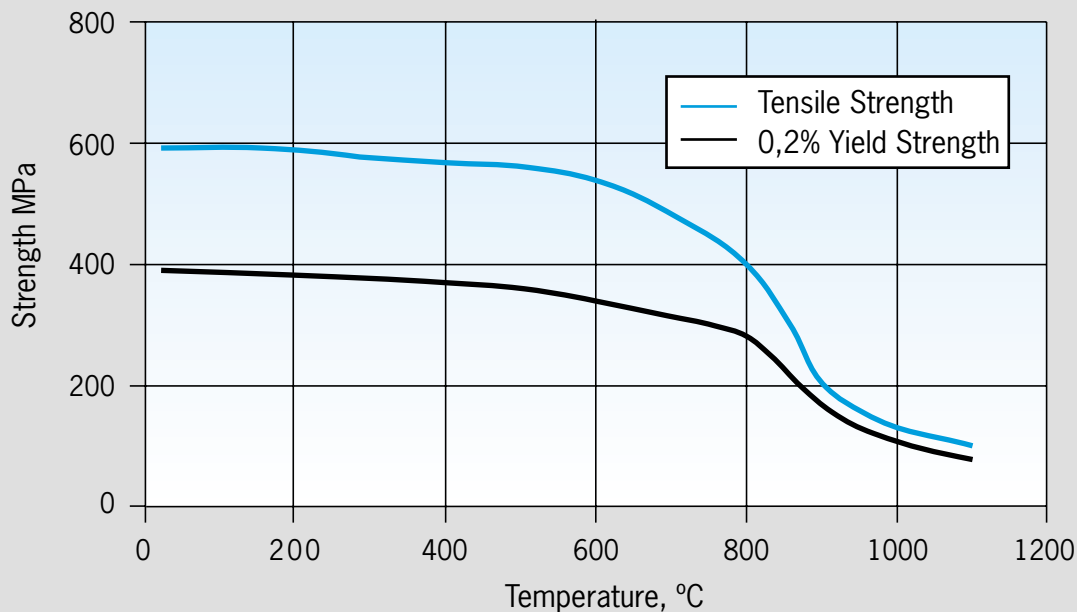


**Mechanical Properties** (only for wall thickness less than 25 mm in the as cast condition)

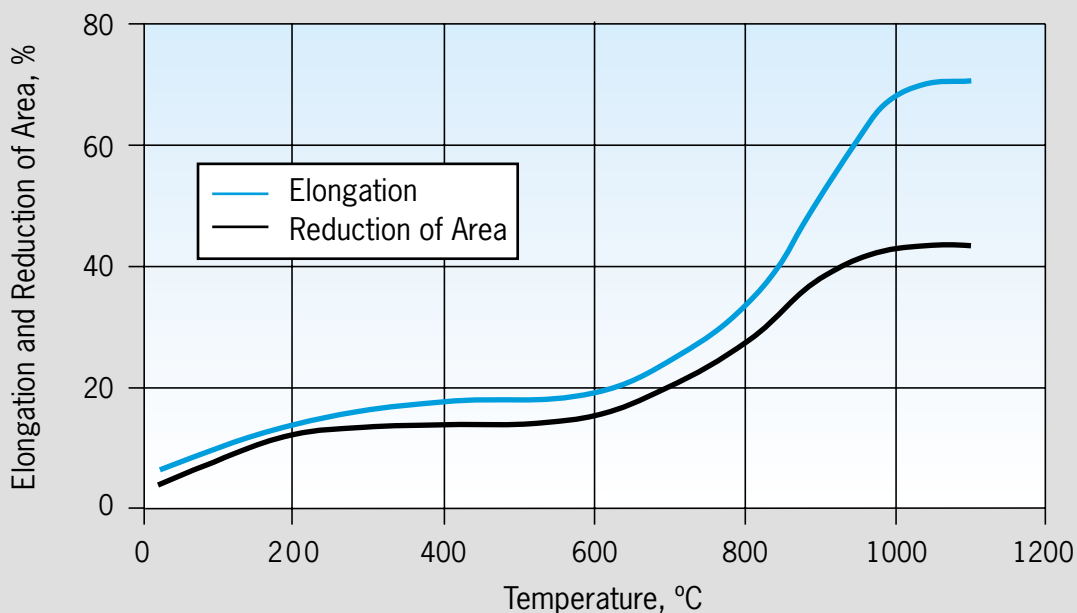
### Tensile Properties\*

Minimum tensile properties at 20°C: 0.2% Yield Strength: 290 MPa  
Tensile Strength: 515 MPa  
Elongation (l = 5d): 4 %

**Typical Tensile Strength and 0,2% Yield Strength vs.**

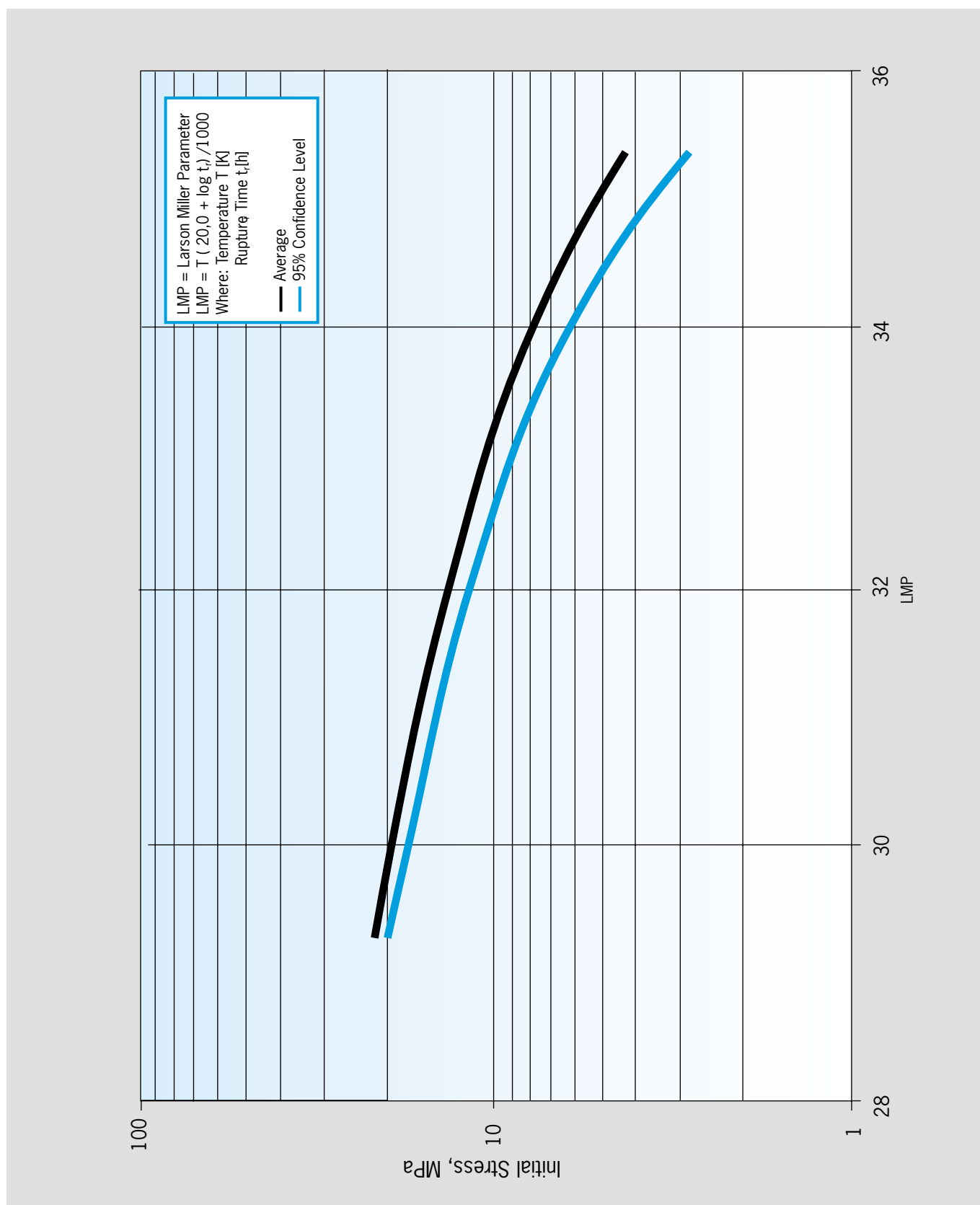


**Typical Tensile Test Elongation and Reduction of Area vs. Temperature**

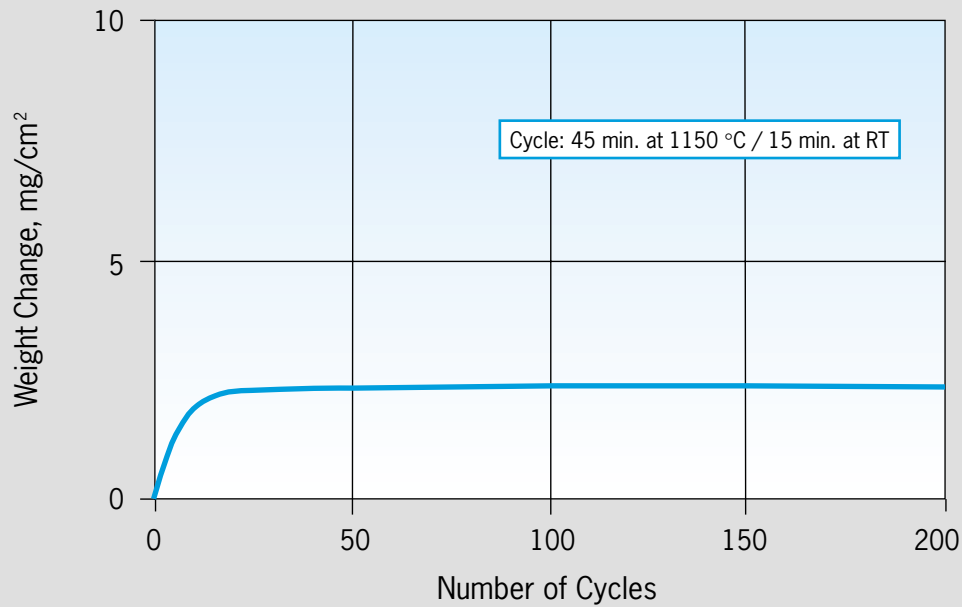


# Centralloy® 60 HT D

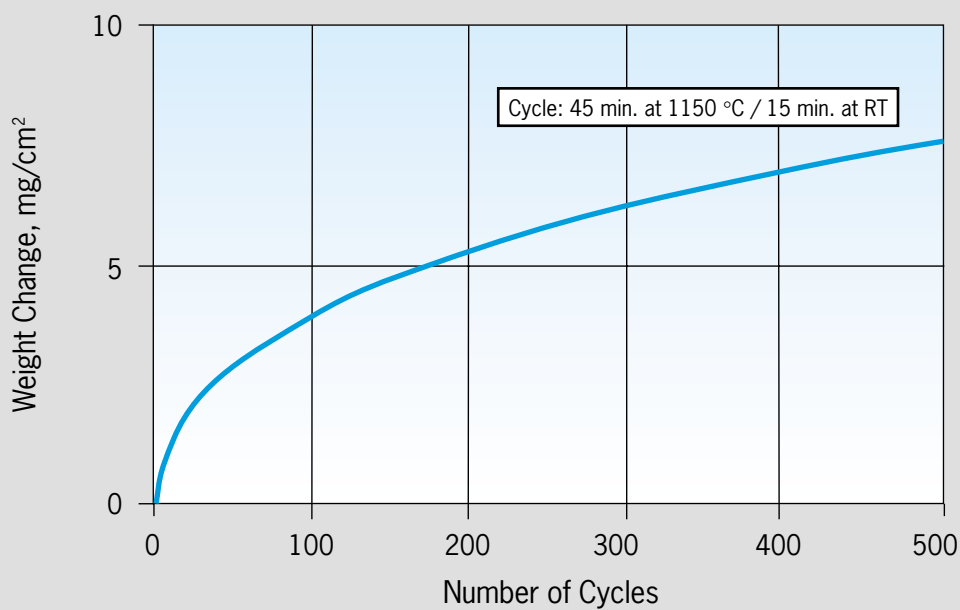
## Parametric Stress Rupture Strength



#### Cyclic Oxidation at 1150° in Air

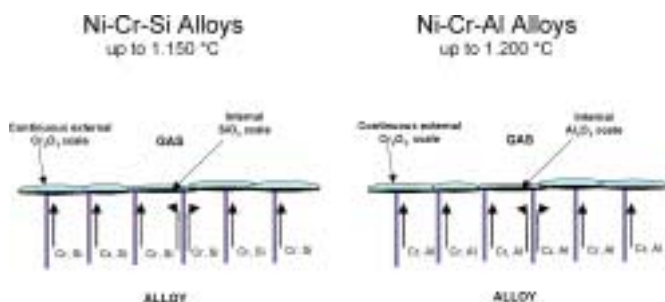


#### Cyclic Steam Carburization at 1100°C in 89,3% H<sub>2</sub> + 4,7% CH<sub>4</sub> + 6% H<sub>2</sub>O



## Centralloy® 60 HT D

### The Predominant Formation of Protective Oxide Scales



**Ni-Cr-Si** materials build protective oxide scales through the synergistic effect of the elements chromium and silicon. The dominating chromium oxide scale ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) reliably protects the material up to temperatures of 1150°C

against high temperature corrosion attack. Silicon supports the growth of the chromium oxide scale.

**Ni-Cr-Al** materials on the contrary initially build a mixed oxide of the elements chromium, nickel and aluminium. The difference to the Ni-Cr-Si materials is that after a short time in operation, the initially formed oxides transform. The composition of the alloy ensures the formation of an extremely stable aluminium oxide scale.

From a thermodynamic standpoint, aluminium oxide scales are known as the most stable protective scales of metallic materials. The slow growth rate of the scale ensures the materials survival in long-term service applications.

### Additional Information

#### Product Forms

Centralloy® 60 HT D was designed as centrispun tube material to meet specific design criteria in terms of carburization, coking and oxidation resistance, creep rupture strength and weldability. Other forms e.g. statically cast and investment cast products can be supplied upon request. Additional information regarding these topics and maximum and minimum sizes available may be obtained from the sales department.

#### Manufacturing Characteristics

##### Welding

Matching filler materials are commercially available. These welding consumables have high strength properties at elevated temperatures with good retained ductility.

Besides PAW, GTAW and MAW have been satisfactorily used. Preheating and postweld heat treatment of the joint are not necessary. For dissimilar weld joints to austenitic materials suitable filler materials can be recommended.

Further information will be supplied upon request.

#### Health and Safety Information

The operation and maintenance of welding equipment should conform to the provisions of relevant national standards for the protection of personnel.

Mechanical ventilation is advisable and under certain conditions in confined spaces, it is necessary during welding operations to prevent possible exposure to hazardous fumes, gases or dust that may occur.

Nickel- and iron-base materials may contain, in varying concentrations, the elements chromium, iron, manganese, molybdenum, cobalt, nickel, tungsten and aluminium. Inhalation of metal dust from welding, grinding, melting and gross handling of these alloy systems may cause adverse health effects.

#### Patents and Licences

Centralloy® 60 HT D is developed under the worldwide, exclusive licence from Krupp VDM GmbH with the alloy brand name „Nicrofer 6025 HT / A 602 CA“.

## Production Plants and Sales Offices:

### **Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG**

#### **Edelstahlwerk Kaiserau**

51789 Lindlar, Germany

Phone: +49 22 66 92 258

Fax: +49 22 66 92 369

E-Mail: [spuncasting@schmidt-clemens.de](mailto:spuncasting@schmidt-clemens.de)

P.O. Box 1140, 51779 Lindlar, Germany

### **Schmidt - Clemens Spain, S.A.**

Ctra. Estella-Vitoria, Km. 12

31280 Murieta, Navarra, Spain

Phone: +34 948 53 4644

Fax: +34 948 53 4601

E-Mail: [amunoz@scspain.com](mailto:amunoz@scspain.com)

P.O. Box 67, 31200 Estella, Spain

### **Schmidt + Clemens Brasil Ltda.**

Av. Beta, 351 - Jundiai - SP,

CEP 13213-070, Brazil

Phone: +55 11 4815 3900 200

Fax: +55 11 4582 9888

E-Mail: [a.cortines@schmidt-clemens.com.br](mailto:a.cortines@schmidt-clemens.com.br)

P.O. Box 20, 13201-973

### **Schmidt + Clemens (Asia) Sdn. Bhd.**

No. 15, Jalan Pemaju U1/15, Seksyen U1

Hicom-Glenmarie Industrial Park

40150 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Phone: +603 55691945 / +603 55692241

Fax: +603 55691425

E-Mail: [scasia@schmidt-clemens.com](mailto:scasia@schmidt-clemens.com)

### **Schmidt & Clemens, Inc.**

9618 Green Valley Lane

Houston, Texas 77064, USA

Phone: +1 281 807 5880

Fax: +1 281 807 5889

E-Mail: [sales-us@schmidt-clemens.com](mailto:sales-us@schmidt-clemens.com)

### **Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG**

India Liaison Office

A 214 Mahindra Gardens, S.V. Road

Goregaon (W)

Mumbai 400 062, India

Phone: +91 22 28 74 84 45

Fax: +91 22 28 79 13 36

E-Mail: [scindia@vsnl.net](mailto:scindia@vsnl.net)

# **Centralloy® ET 45 Micro**

## **MATERIAL DATA SHEET**

Designation: **GX45NiCrSiNb45-35**

## Contents:

Features, Product Forms, Chemical Composition, Applications . . . . .	2
Physical Properties . . . . .	3
Mechanical Properties . . . . .	4
Carburisation, Oxidation Resistance . . . . .	5
Parametric Stress Rupture Strength . . . . .	6
Parametric Minimum Creep Rate, Manufacturing Characteristics, Health and Safety Information . . . . .	7
Contact Information . . . . .	8

## Features

Centralloy® ET 45 Micro is an air melted nickel base alloy consisting essentially of Ni-Cr-Fe-Si matrix. The high chromium level, rare earth additions and primary carbide formation provide the best compromise between good high temperature corrosion resistance and high temperature creep rupture strength.

The presence of carbon leads to the formation of a series of carbides:

a) Intergranular occurring primary carbides, nitrides or carbonitrides of general form  $M(C,N)$  where M is usually niobium, titanium and zirconium. These greatly affect the generation of good high temperature properties. The phase is visible in unetched micro specimen, its color varying from the orange/yellow of the nitride to the grey/mauve of the carbide.

b) Chromium-rich intergranular carbides of the  $M_7C_3$  and  $M_{23}C_6$  types. These carbides have a profound influence on properties due to the decomposition and re-precipitation reactions in service producing secondary carbides in a rather uniform dispersion. By this mechanism dislocation movement is impeded with the result of significant strengthening at elevated temperatures.

## Product Forms

Centralloy® ET 45 Micro was designed as centrispun tube material to meet specific design criteria in terms of carburisation and oxidation resistance, creep rupture strength and weldability. It is available as centrispun tubes, vertically spun, statically cast and investment cast product forms.

Other forms may be supplied upon request. Further information regarding these topics and maximum and minimum sizes may be obtained from the sales department.

## Chemical Composition(\*)

	mass percentage
Carbon . . . . .	0.45
Silicon . . . . .	1.60
Manganese . . . . .	1.00
Chromium . . . . .	35.00
Iron . . . . .	16.00
Niobium . . . . .	1.00
Titanium . . . . .	Additions
Zirconium . . . . .	Additions
Rare earth elements . . . . .	Additions
Nickel . . . . .	Bal. (45.0)

(\*) This is a typical composition which may be slightly modified according to the application.

## Applications

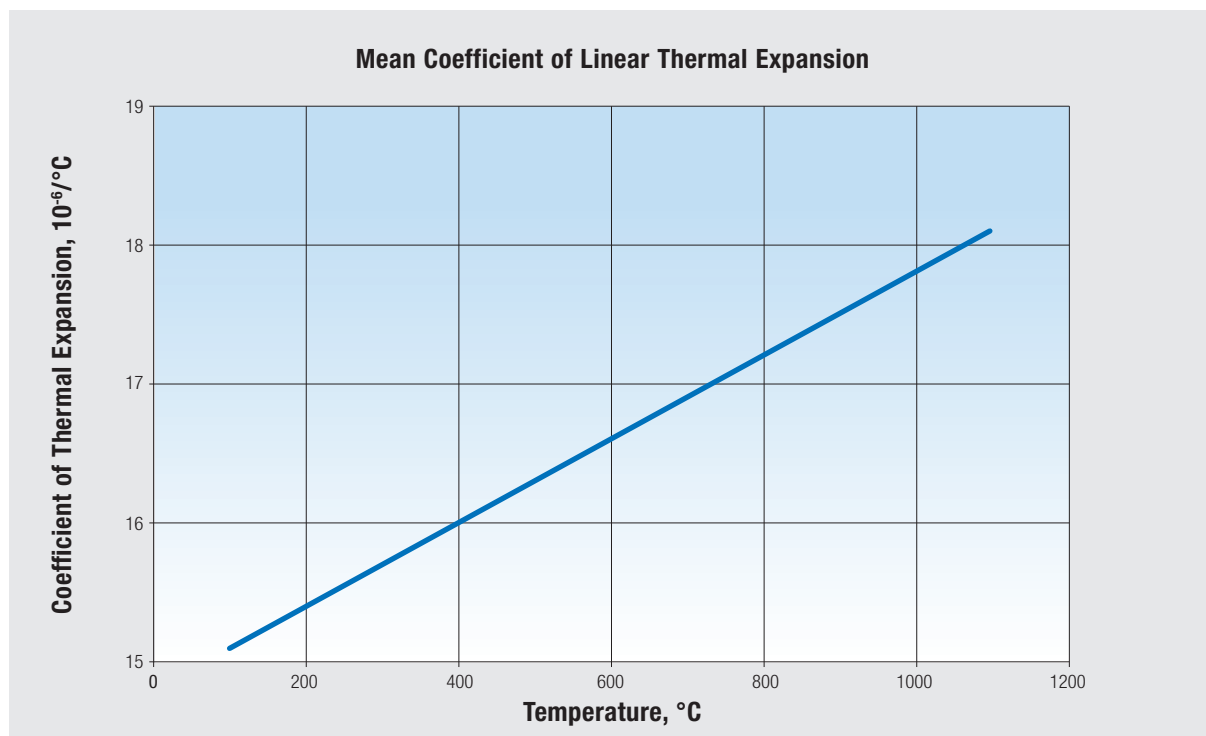
Tubular systems requiring superior carburisation and oxidation resistance combined with high creep rupture strength and high creep resistance. No heat treatment is required for most applications of this alloy. Main high temperature applications for the material are:

Process:	max. operating temperature, °C
Steam cracking pyrolysis . . . . .	1150
Direct reduction of iron ore . . . . .	1150

## Physical Properties

**Density:** 8.1 g/cm<sup>3</sup>

**Thermal Conductivity (20°C):** 14.0 W/mK





## Mechanical Properties

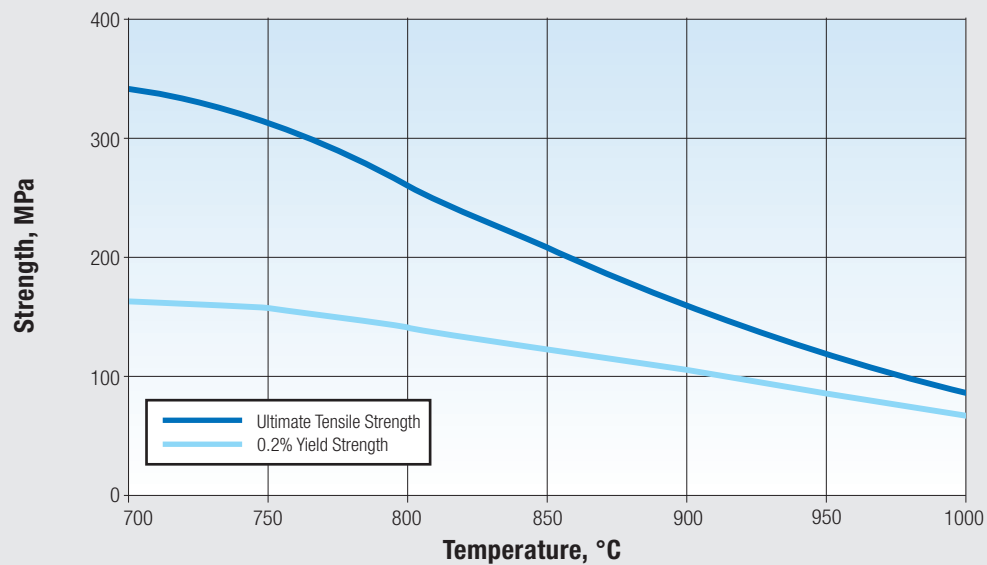
(only for wall thickness less than 25 mm in the as cast condition)

### Tensile properties

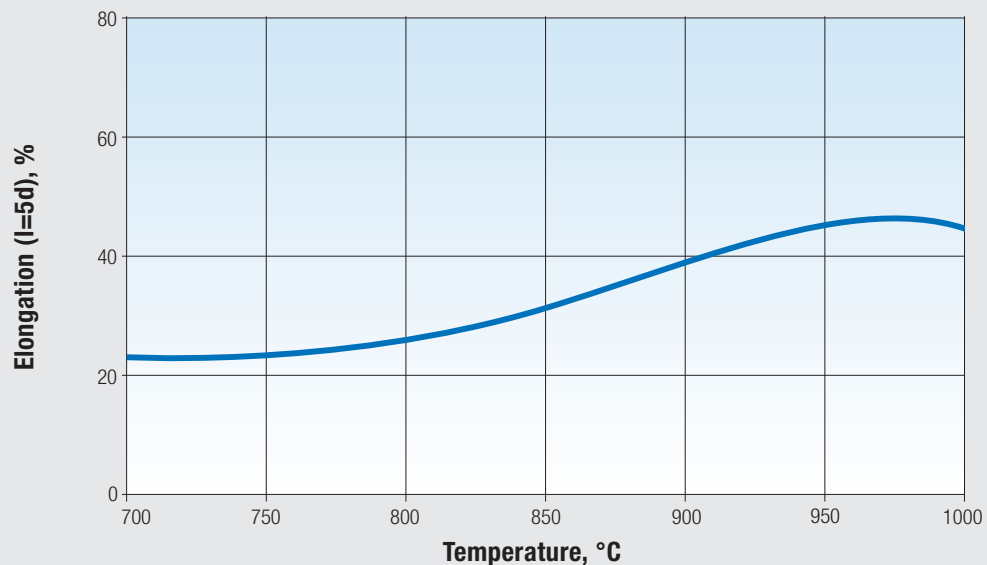
Minimum tensile properties at 20°C:

0.2% Yield strength:	245 MPa
Ultimate tensile strength:	450 MPa
Elongation (l = 5d):	6% for centricast tubes 3% for static castings

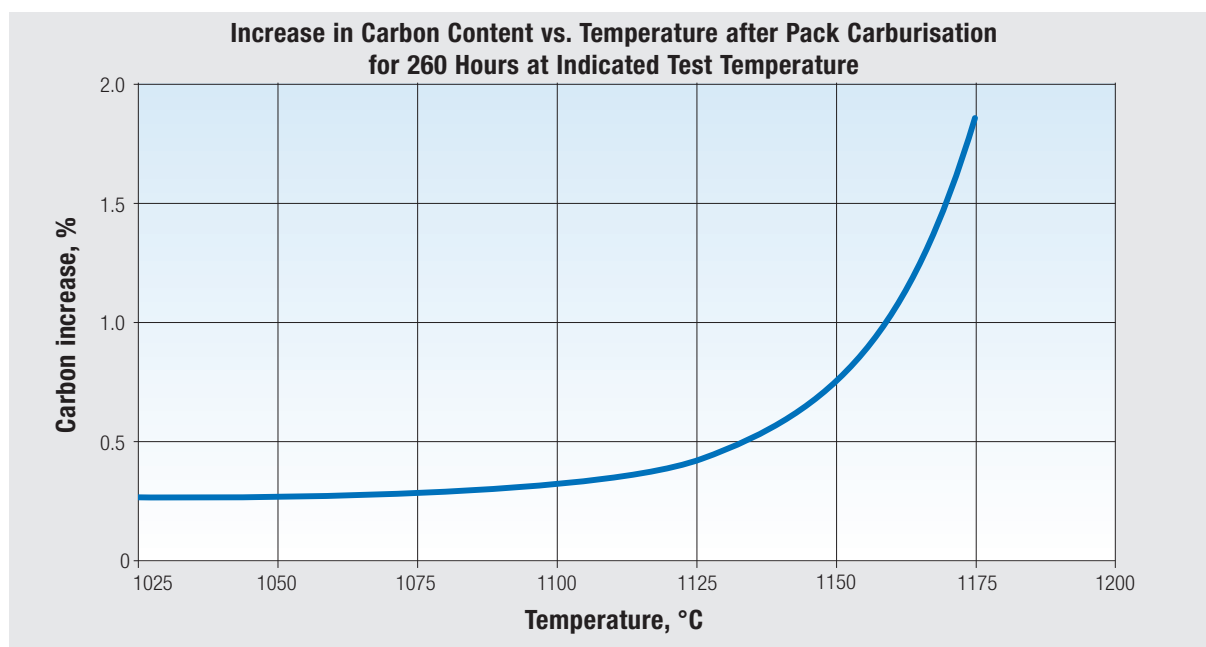
Typical Tensile Strength and 0.2% Yield Strength vs. Temperature



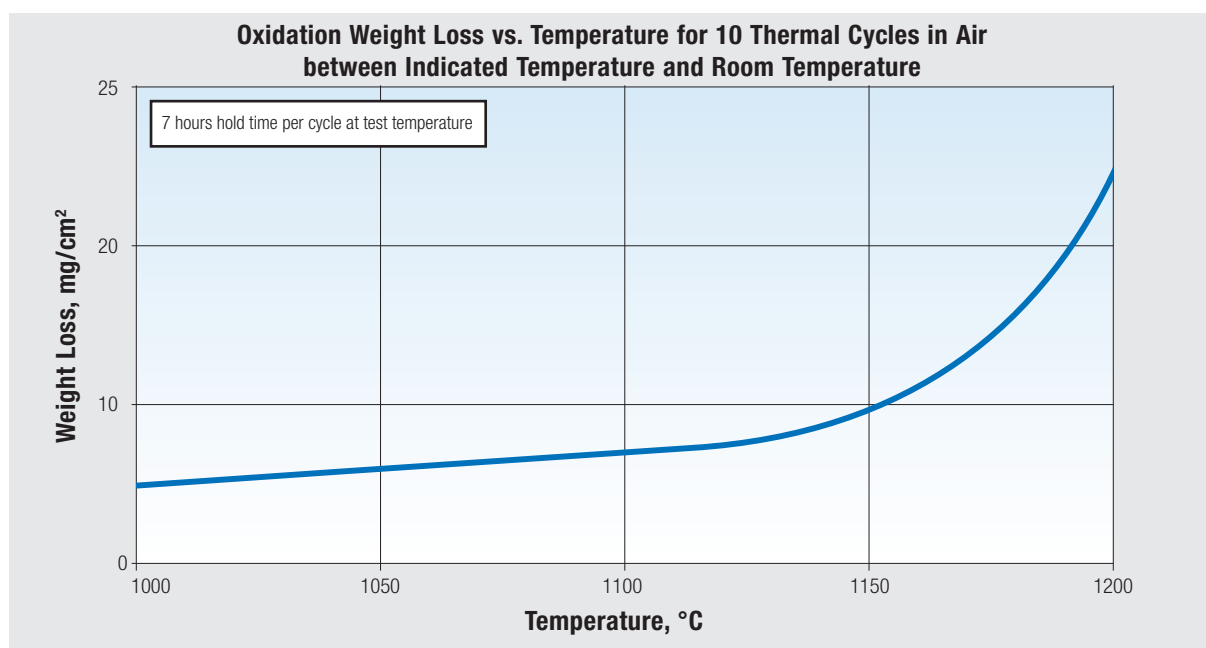
Typical Tensile Test Elongation vs. Temperature



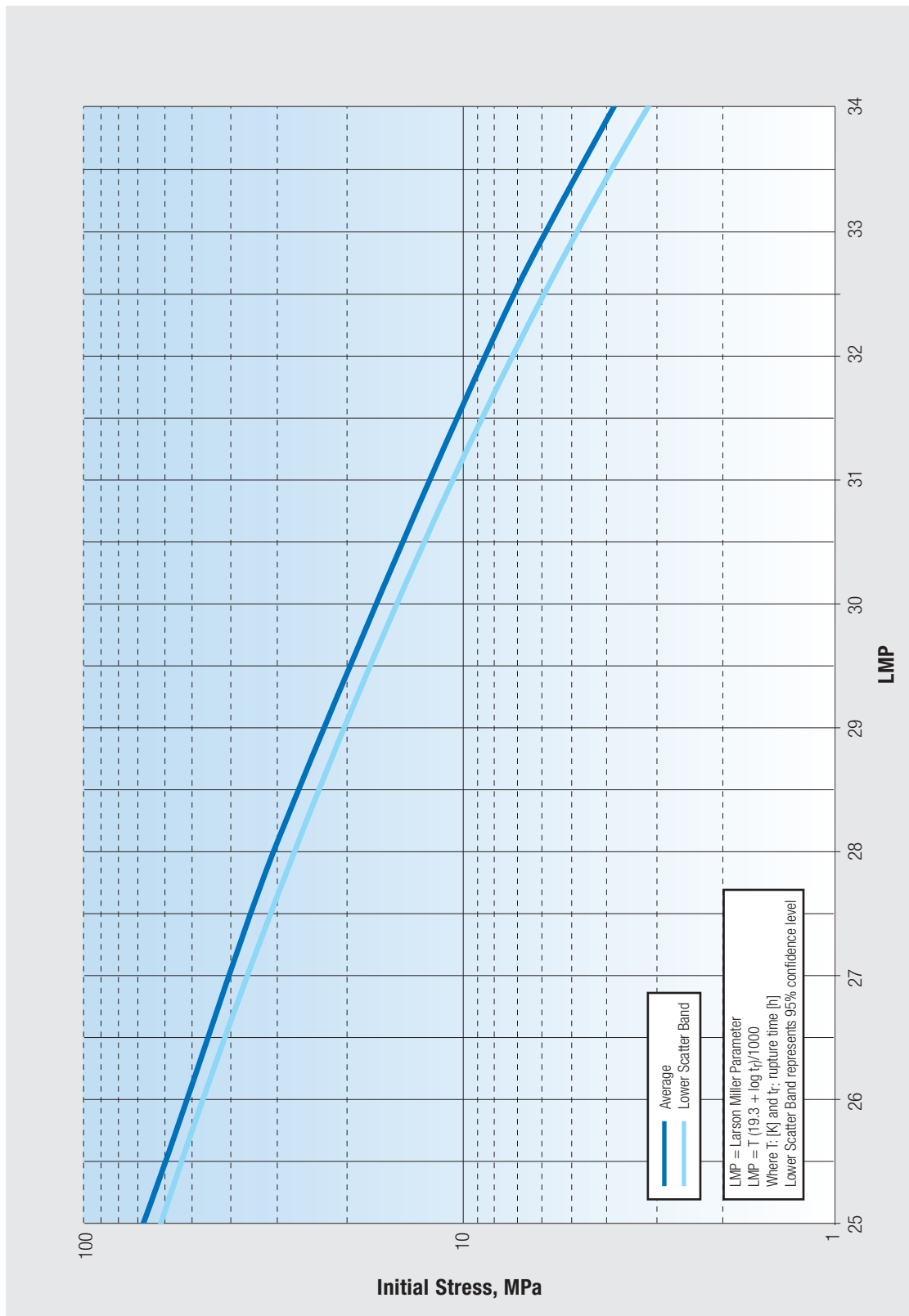
## Carburisation Resistance



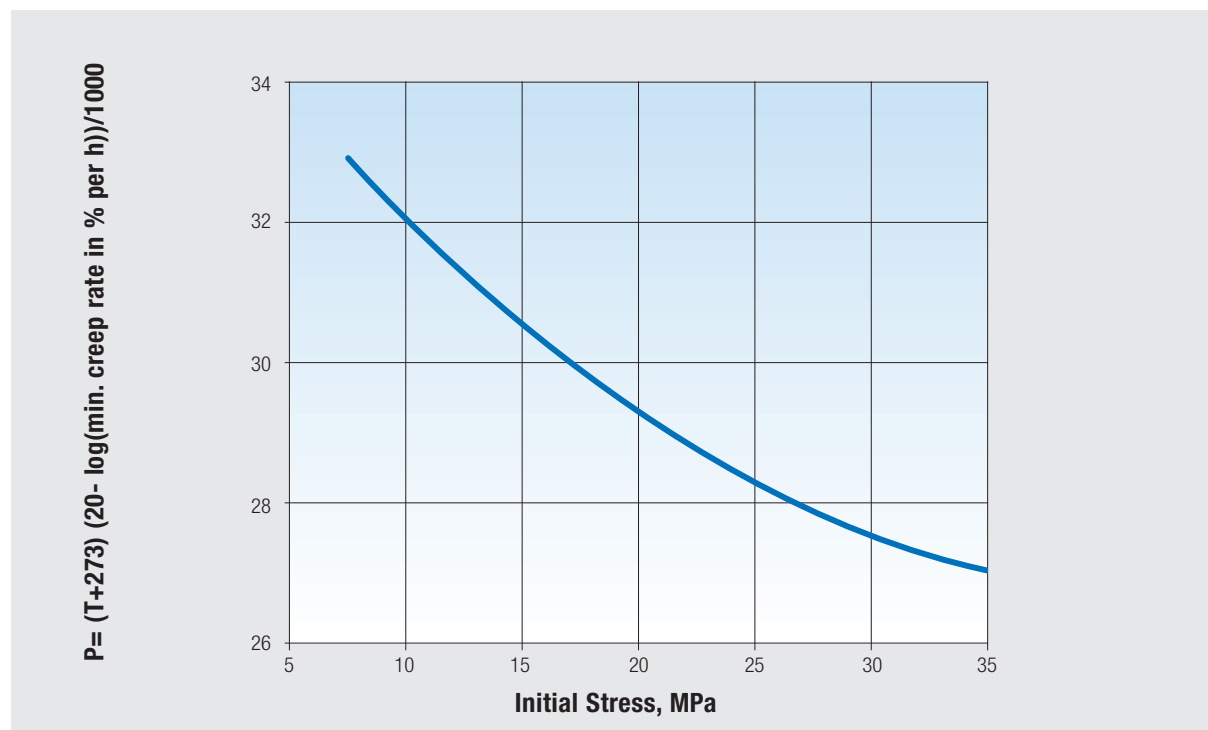
## Oxidation Resistance



## Parametric Stress Rupture Strength



## Parametric Minimum Creep Rate



## Manufacturing Characteristics

### Machining

In general terms the machinability of Centralloy® ET 45 Micro is similar to that of other heat resistant alloys.

### Welding

For critical, highly stressed and corrosion resistant joints coated electrodes, flux cored wire and bare filler material are commercially available. These welding consumables have high strength properties at elevated temperatures with good retained ductilities. Besides fillerless PAW, TIG and MAW have been used satisfactorily for component fabrication or repair welding. Pre-heating and postweld heat treatment of the joint is not necessary. For dissimilar weld joints to austenitic materials the same filler materials are recommended. Further information will be supplied upon request.

## Health and Safety Information

The operation and maintenance of welding equipment should conform to the provisions of relevant national standards for the protection of personnel.

Mechanical ventilation is advisable, and under certain conditions in confined spaces, is necessary during welding operations in order to prevent possible exposure to hazardous fumes, gases, or dust that may occur.

Nickel- and iron-based materials may contain, in varying concentrations, elemental constitutions of chromium, iron, manganese, molybdenum, cobalt, nickel, tungsten and aluminium. Inhalation of metal dust from welding, grinding, melting and dross handling of these alloy systems may cause adverse health effects.

The information in this publication is as complete and accurate as possible at the time of publication. Variations in properties can occur to production and process routes. However, no warranty or any legal liability for its accuracy, completeness and results to be obtained for any particular use of the information herein contained is given. Where possible the test conditions are fully described. Where reference, is made to the balance of the alloy's composition it is not guaranteed that this balance is composed exclusively of the element mentioned, but that it predominates and others are present only in minimal quantities. The creep rupture data are frequently insufficient to be directly translatable to specific design or performance applications without examination and verification of their applicability and suitability by professionally qualified personnel. The primary units for property data are based on those of the SI-system.

## Spun Casting – Petrochemistry

### Germany

#### Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG Edelstahlwerk Kaiserau

Kaiserau 2, 51789 Lindlar

Phone: +49 2266 92-0 · Fax: +49 2266 92-370

Internet: [www.schmidt-clemens.de](http://www.schmidt-clemens.de)

P.O.Box 1140, 51779 Lindlar, Germany

E-Mail: [info@schmidt-clemens.com](mailto:info@schmidt-clemens.com)

### Spain

#### Schmidt - Clemens Spain, S.A.U.

Ctra. Estella-Vitoria, Km. 12

E31280 Murieta, Navarra

Phone: +34 948 53 46 00

Fax: +34 948 53 46 01

E-Mail: [centracero@schmidt-clemens.com](mailto:centracero@schmidt-clemens.com)

### Industries

- Petrochemicals
- Iron-ore direct reduction

### Services

- Business consulting
- Analysis of operational data
- Training of customer personnel
- Welding supervision

### Brazil

#### Schmidt + Clemens Brasil Ltda.

Avenida Beta, 351

13213-070, Jundiaí, SP

Phone: +55 11 3378 3901

Fax: +55 11 4582 9888

E-Mail: [scbrasil@schmidt-clemens.com.br](mailto:scbrasil@schmidt-clemens.com.br)

### Malaysia

#### Schmidt + Clemens (Asia) Sdn. Bhd.

No. 15, Jalan Pemaju U1/15, Section U1

Hicom Glenmarie Industrial Park

40150 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan

Phone: +6 03 5569 1945

Fax: +6 03 5569 1425

E-Mail: [sc-asia@schmidt-clemens.com](mailto:sc-asia@schmidt-clemens.com)

### Czech Republic

#### S+C Alfametal s.r.o. koncern

CZ-783 57 Tršice c. 126

Phone: +420 58 59 57 428

Fax: +420 58 59 57 430

E-Mail: [alfa@alfametal.cz](mailto:alfa@alfametal.cz)

### USA

#### Schmidt & Clemens, Inc.

24 Greenway Plaza Suite 1840

Houston, Texas 77046

Phone: +1 713 629 7770

Fax: +1 713 629 7373

E-Mail: [sales-us@schmidt-clemens.com](mailto:sales-us@schmidt-clemens.com)

### United Arab Emirates

#### Schmidt + Clemens Middle East DMCC

Level 41, Emirates Towers

Sheikh Zayed Road

P.O. Box 31303, Dubai, UAE

Phone: +971 4 3132790

Fax: +971 4 3132791

E-Mail: [dubai@schmidt-clemens.com](mailto:dubai@schmidt-clemens.com)

### India

#### Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG

India Liaison Office

A 214 Mahindra Gardens, S.V. Road

Goregaon (W), Mumbai 400 062

Phone: +91 22 8748 445

Fax: +91 22 8791 226

E-Mail: [scindia@vsnl.net](mailto:scindia@vsnl.net)



Production

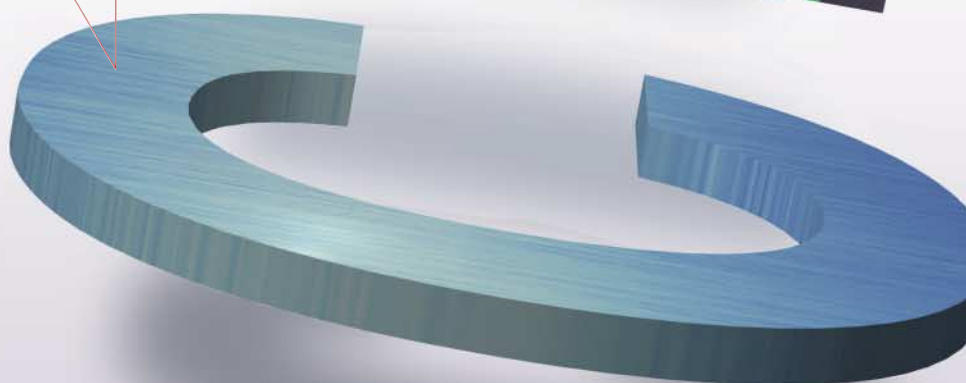
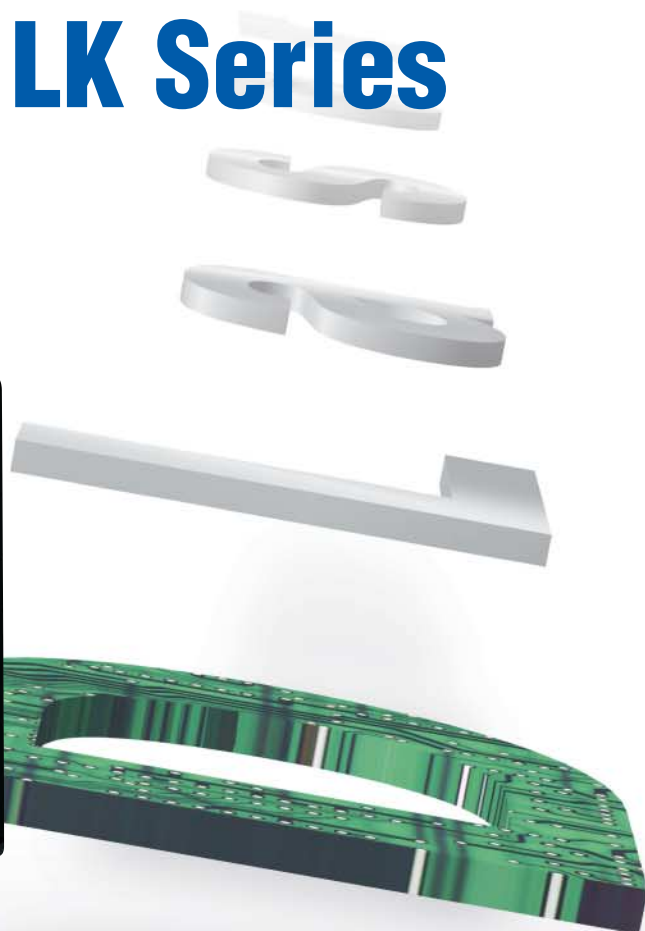


Sales Company



## ANEXO 6: DETECTORES DE MEDIDA LÁSER KEYENCE LK SERIES

# CCD Laser Displacement Sensor **LK Series**



***Innovative CCD  
Measurement System Delivers  
Unmatched Accuracy  
and Performance***

# *The LK Series Laser Displacement Sensor features a newly developed CCD and 32-bit processor for precise measurement of height, width and position, unaffected by color, surface texture or stray light.*



The LK Series boasts a very high resolution of 1  $\mu\text{m}$  and a linearity of only  $\pm 0.1\%$  of F.S., regardless of target surface properties.

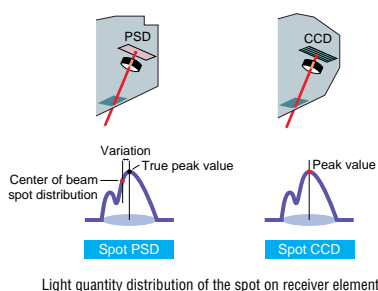
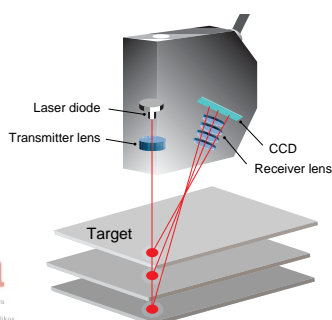


A minimum spot diameter of 30  $\mu\text{m}$  enables extremely accurate measurement of surface contour.



## **The LK series' measurement principle**

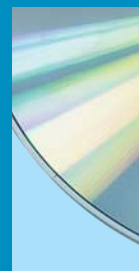
The CCD laser displacement sensor uses a triangulation measurement system. Conventional laser displacement sensors employ a PSD (Position Sensitive Detector) as the light-receiving element. However, the LK series uses a CCD as the light-receiving element. The light reflected by a target passes through the receiver lens and is focused on the PSD or CCD. The PSD uses the light quantity distribution of the entire beam spot entering the light element to determine the beam spot center and identifies this as the target position. However, the distribution of light quantity is affected by the surface condition of the target, causing variations in measured values. The CCD detects the peak value of the light quantity distribution of the beam spot for each pixel and identifies this as the target position. Therefore, the CCD enables stable highly accurate displacement measurement, regardless of the light quantity distribution of the beam spot.



## **Advanced features**

### **Features**

**Glossy surface**



**Multicolored surface**



**Low-reflective surface**



**Coarse surface**



**Non-contact surface**





# Solutions for solving the toughest application problems

## Applications

## Advantages



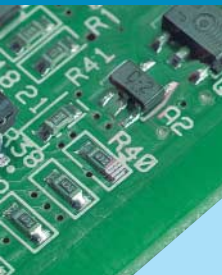
## Automobile



## Electronic component/ Home appliance



Using the CCD as the light receiving element, the LK series enables highly accurate measurement, unaffected by the scattered reflection by the target.



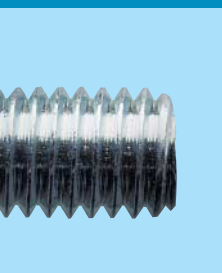
The LFTC function enables variable adjustment of the emitted light quantity up to 150 times, thus preventing a measurement error due to a color difference.



The AUTO GAIN function automatically adjusts the amplification factor of the light-receiving signal, enabling stable measurement even with a low-reflective target such as black rubber.

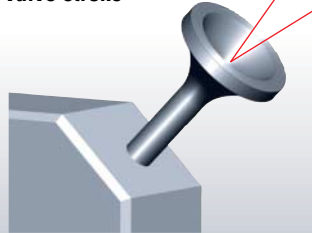


Because of the small beam spot ( $\phi 30 \mu\text{m}$ ) and little variance of the light-receiving signal waveform, measurement is not affected by a hairline crack on the target surface.



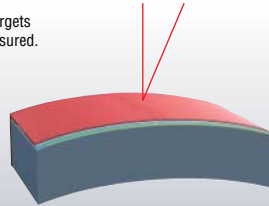
The LK series enables non-contact shape/thickness measurement of soft, thin or hot targets which cannot be measured with contact-type sensors.

### Engine valve stroke



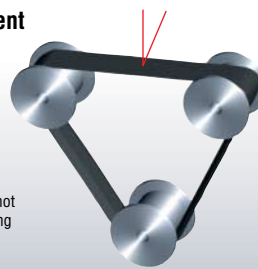
### Coating thickness measurement

Even wet targets can be measured.

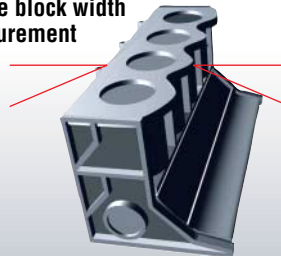


### Measurement of fan belt rundown

Measurement is not affected by printing on a rubber belt.

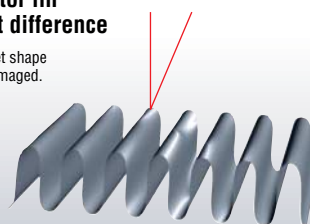


### Engine block width measurement

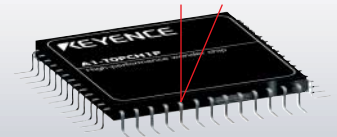


### Radiator fin height difference

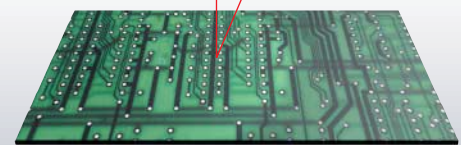
The target shape is not damaged.



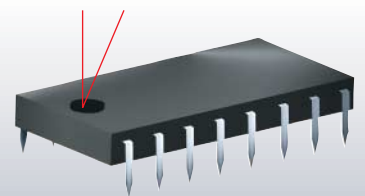
### Checking of QFP pin alignment



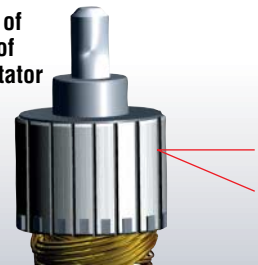
### Measurement of solder paste height on PCB



### Checking orientation of ICs

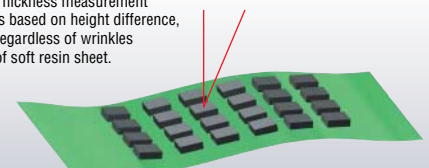


### Measurement of groove depth of motor commutator



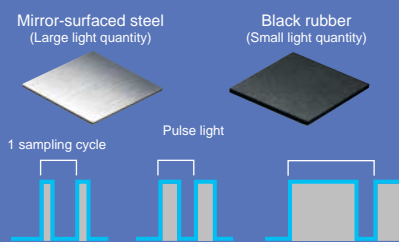
### LED chip thickness measurement

Thickness measurement is based on height difference, regardless of wrinkles of soft resin sheet.



## LFTC circuit

The LK series includes an LFTC (Laser Flash Time Control) circuit\* that can automatically control the laser emission time based on the target surface condition. This function enables stable measurement of glossy metal targets, low-reflective black rubber targets and targets of various colors.



## AUTO GAIN function

With a glossy target, the received light quantity is large. With a low-reflective target, the received light quantity is small. The AUTO GAIN function automatically adjusts the amplification factor of the light-receiving signal according to the received light quantity. This function enables stable measurement regardless of the light-receiving characteristics of the target.

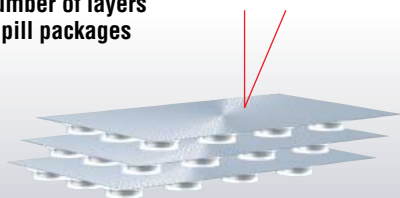


## Food/Packaging

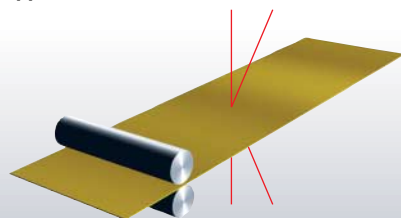
## Metal/Machinery

## Molding

### Measurement of number of layers PTP pill packages

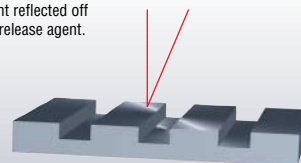


### Copper sheet thickness



### Measurement of width/groove depth

Measurement is not affected by the light reflected off the mold release agent.

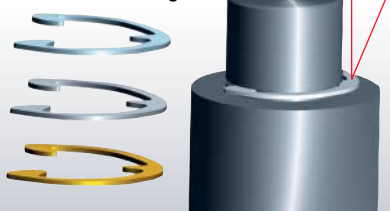


### Checking swell of aluminum cap

Stable measurement regardless of printing color of cap.

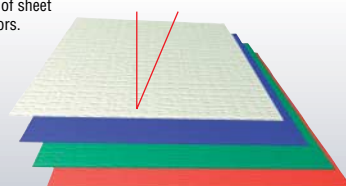


### Presence/absence of e-ring

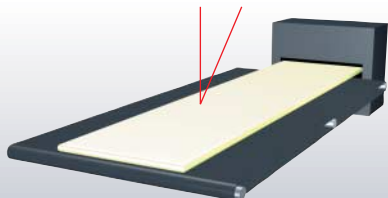


### Measurement of thickness of extruded sheet

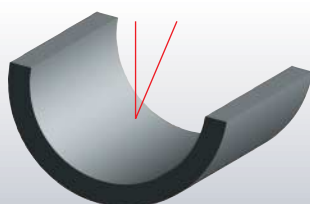
Measurement of sheet of various colors.



### Noodle dough thickness measurement



### Ferrite thickness measurement



### Measurement of tire tread shape

Unaffected by diffused light.

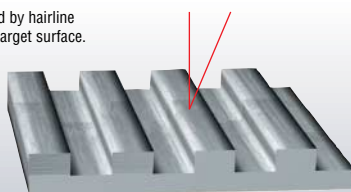


### Measurement of cookie shape



### Torch control for laser beam machine

Unaffected by hairline crack on target surface.



### Measurement of golf ball dimple depth



### Measurement of corrugated cardboard height



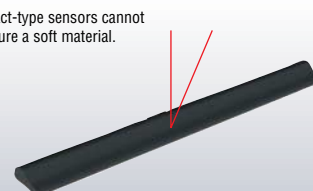
### Measurement of warpage of hot aluminum casting

Contact-type sensors cannot measure a hot target.



### Wiper thickness measurement

Contact-type sensors cannot measure a soft material.



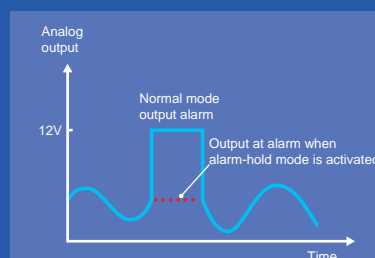
## Response speed selection function

This function switches the measurement averaging time between 0.5 ms and 4 ms.\* When the LK series measures a target with a wide range of reflectivity or with a large color difference, this function enables the LK series to ignore sporadic changes in measurement data to ensure stable measurement. This function enables the LK series to be used for various targets.

\* With the LK-001, the measurement averaging time can be switched between 1 ms and 8 ms.

## ANALOG OUTPUT HOLD Function in alarm condition

When the alarm output is activated due to a large vibration of the target for an instant during measurement, the LK series holds the analog output (measured value) immediately before the alarm output is activated. When the alarm output is reset, the LK series continues measurement.

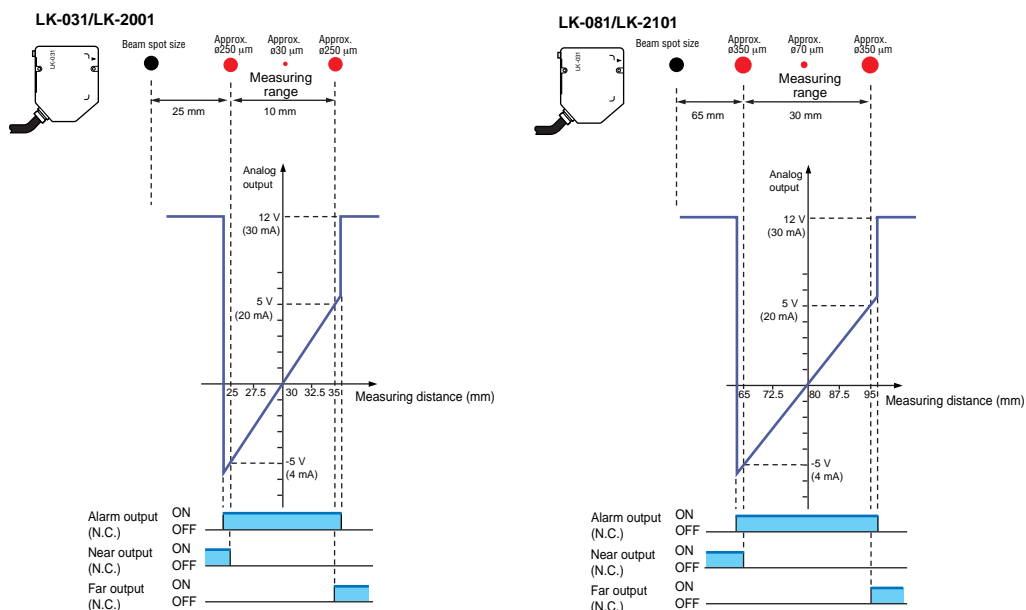


## Specifications

Type		High-precision	Long-distance
Model	Sensor head	LK-031	LK-081
	Controller	LK-2001	LK-2101
Reference distance		30 mm	80 mm
Measuring range		±5 mm	±15 mm
Light source		Red semiconductor laser	
		Wavelength	670 nm
		FDA	Class II
		IEC 825-1 11,1993	Class 2
Spot diameter		Approx. 30 μm	Approx. 70 μm
Resolution		1 μm <sup>1</sup> .	3 μm <sup>1</sup> .
Linearity		±0.1% of F.S. <sup>2</sup> .	
Sampling time		512 μs	1024 μs
Analog output	Voltage output	±5 V (1 mm/V) <sup>3</sup> .	±5 V (3 mm/V) <sup>3</sup> .
	Output impedance	100 Ω	
	Current output	4 to 20 mA (Applicable load: 0 to 350 Ω)	
Alarm output		NPN open-collector, 100 mA (40 V) max. Residual voltage: 1 V max. (N.C.)	
Other functions		AUTO ZERO, Response selection, Shift/Span adjustment, Holding output in alarm condition	
Power supply voltage		24 VDC ±10%, Ripple (P - P) 10% max.	
Power consumption		400 mA max.	
Temperature	Sensor head	0.01% of F.S./°C	
fluctuation	Controller	0.01% of F.S./°C	
Enclosure rating		IP-67	
Ambient light		Incandescent or fluorescent lamp: 10,000 lux max.	
Ambient temperature		0 to 50°C (32 to 122°F), No freezing	
Relative humidity		35 to 85%, No condensation	
Vibration		10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude in X, Y and Z directions, 2 hours respectively	
Housing material		Sensor head: Aluminum die-cast, Controller: Polycarbonate	
Weight	Sensor head	Approx. 260 g	Approx. 385 g
(including cable)	Controller	Amplifier Approx. 515 g	

- When connected to the RD series analog controller. Number of averaging measurements: 64  
NOTE) When an oscilloscope or high-speed A/D conversion board is connected, the ripple of the analog output may exceed 1 mV due to common mode noise.
  - When KEYENCE's standard target (zirconia block gauge) is used.
  - When measurement is impossible, the analog output is held at 12 V (31.2 mA).
- The LK series' controller and sensor head have been factory-calibrated as a pair. Be sure to combine units with the same serial number.

## Measuring range vs. Analog output



### FAR/NEAR output function

When the sensor-to-target distance is too long or too short, a FAR or NEAR signal is output to external equipment.

### AUTO ZERO key

Pressing the AUTO ZERO key resets any output value to 0 V. Using a standard target, you can complete the zero adjustment with a push of this switch. The AUTO ZERO function can also be activated by short-circuiting the external input terminal.

### Two-color operation indicator LED

The sensor head provides a two-color operation indicator LED. The yellow LED flashes when the target is out of the measuring range, or the received light quantity is too small or too large. The yellow LED lights when the target enters the measuring range, and the green LED lights when the target approaches the center of the measuring range.

### IP-67 enclosure rating

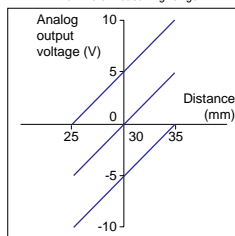
The sensor head is waterproof, conforming to IP-67 standards.

# Characteristics (Typical)

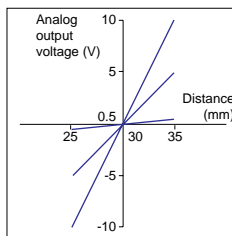
LK-031

## Zero-adjustment range

\* Within the whole measuring range



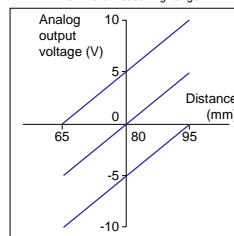
## Span-adjustment range



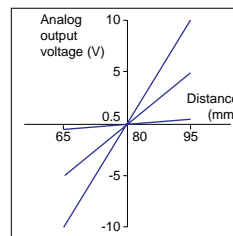
LK-081

## Zero-adjustment range

\* Within the whole measuring range

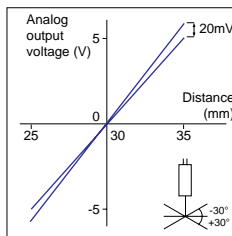
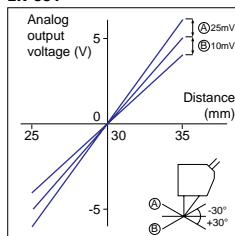


## Span-adjustment range

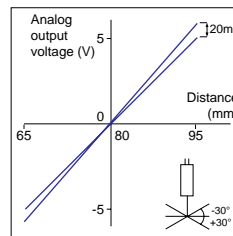
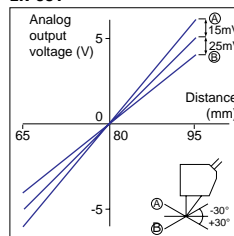


## Changes in detection span when target is tilted (Target: White ceramic)

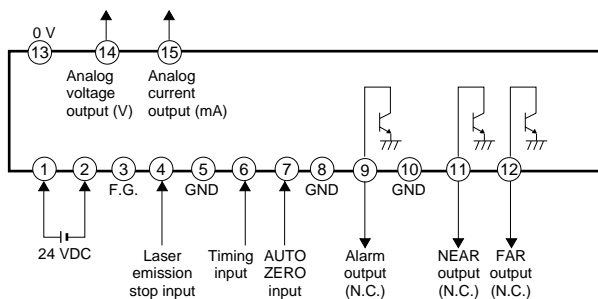
LK-031



LK-081



## Connections



### 4 Laser emission stop input

Disconnecting this terminal from the GND terminal (5, 8, 0) stops laser emission. Use this terminal in an emergency to stop laser emission.

### 7 AUTO ZERO input

Connecting this terminal to the GND terminal (5, 8, 0) resets the analog output to 0 V (12 mA). The input is a one-shot input.

### A NEAR alarm output (N.C.)

The output contact opens when a target is positioned closer than the measuring range.

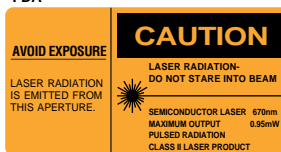
### B FAR alarm output (N.C.)

The output contact opens when a target is positioned further than the measuring range.

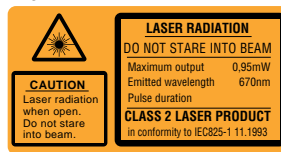
## Warning

The LK series conforms to the FDA standard for Class II and IEC standard for Class 2 laser products.

FDA

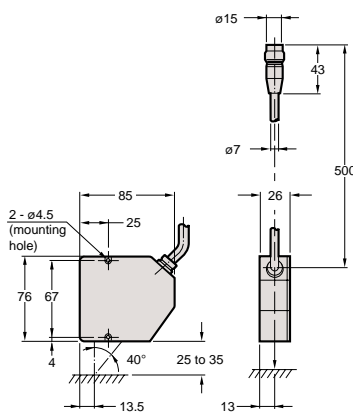


IEC

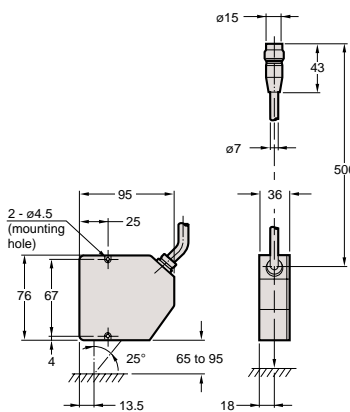


## Dimensions

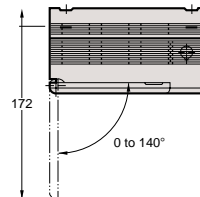
### Sensor head LK-031



### LK-081

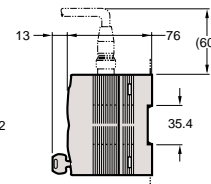
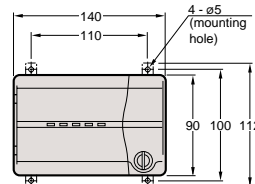


### Controller LK-2001/LK-2101



### Extension cable

Cable length (m)	Model
2	LK-C2
5	LK-C5
10	LK-C10



Specifications are subject to change without notice.

# KEYENCE

**KEYENCE CORPORATION OF AMERICA**  
Corporate Office  
50 Tice Blvd., Woodcliff Lake, NJ 07677, U.S.A.

Visit our website for other Keyence products  
at <http://www.keyence.com>

**Boston Office**  
Phone: 781-453-2244 Fax: 781-453-2255

**New Jersey Office**  
Phone: 201-291-4000 Fax: 201-291-8860

**Pennsylvania Office**  
Phone: 610-768-8993 Fax: 610-337-1067

**Charlotte Office**  
Phone: 704-423-0070 Fax: 704-423-0066

**Atlanta Office**  
Phone: 770-951-1222 Fax: 770-951-1958

**Tampa Office**  
Phone: 813-998-9886 Fax: 813-998-9887

**Cleveland Office**  
Phone: 216-464-7530 Fax: 216-464-7540

**Columbus Office**  
Phone: 614-799-3400 Fax: 614-799-3401

**Cincinnati Office**  
Phone: 513-554-1227 Fax: 513-554-1229

**Michigan Office**  
Phone: 734-591-9922 Fax: 734-591-1722

**Indianapolis Office**  
Phone: 317-843-2616 Fax: 317-843-2647

**Chicago Office**  
Phone: 847-969-0001 Fax: 847-969-0453

**Minneapolis Office**  
Phone: 952-924-9779 Fax: 952-249-9143

**St. Louis Office**  
Phone: 314-275-9174 Fax: 314-275-9175

**Texas Office**  
Phone: 972-733-6790 Fax: 972-733-6791

**Denver Office**  
Phone: 303-756-5242 Fax: 303-756-8301

**Phoenix Office**  
Phone: 602-225-2400 Fax: 602-225-2425

**Portland Office**  
Phone: 503-699-0500 Fax: 503-699-8400

**Northern California Office**  
Phone: 925-225-1550 Fax: 925-225-1440

**Los Angeles Office**  
Phone: 310-851-8635 Fax: 310-851-8681

# Ultra-long Range CCD Laser Displacement Sensor LK-2500 Series

Ultra-long range of 750 mm  
Ultra-high precision





# The first laser displacement sensor to have both long measuring range and high precision.

With our innovative new sensing technique, the LK-2500 Series are far superior in measuring distance and precision.

Ultra-long range

**750**<sub>mm</sub>

High resolution

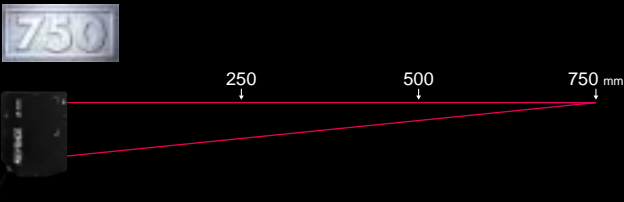
**0.01**<sub>mm</sub>



◀ For long detection distance and high precision, open these pages to see how.

## Ultra-long range    Unbeatable maximum range of 750 mm

In long range mode, the measuring range of 500 mm ±250 mm provides the capability for almost any application.



## High precision    CCD and LFTC deliver high precision

The high precision mode provides a resolution of 10 µm with a maximum range of 450 mm.

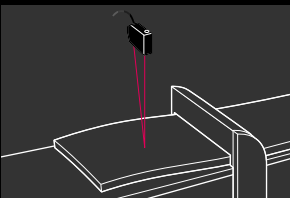


## Field orientated    Excellent environmental resistance, conforming to IP-67

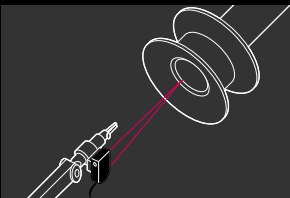
The sensor can be used outdoors, as well as in factories where it is dusty or where the sensor may be splashed by water.



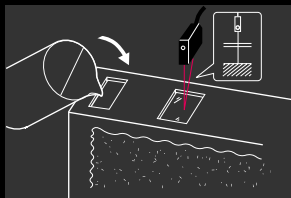
Measurement of target warpage or a zigzagging target in extrusion/rolling



Control of robot position in assembly/painting process



Measurement of molten aluminum level

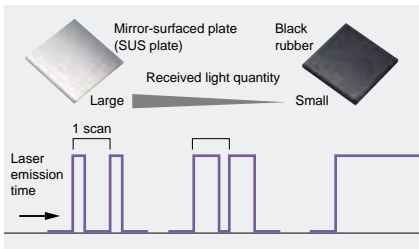


# Features and functions designed for the real factory environment



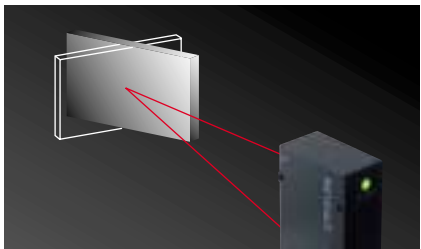
## Reliable measurement of minute points

The target point is accurately measured due to the small 0.3-mm-diameter visible laser beam spot .



## Stable measurement regardless of material type and surface conditions

The LFTC circuit automatically controls the laser emission time according to the target surface condition.



## Excellent angle characteristics

Measurement is stable even when the target is slanted or is an irregular shape.



# Introducing the

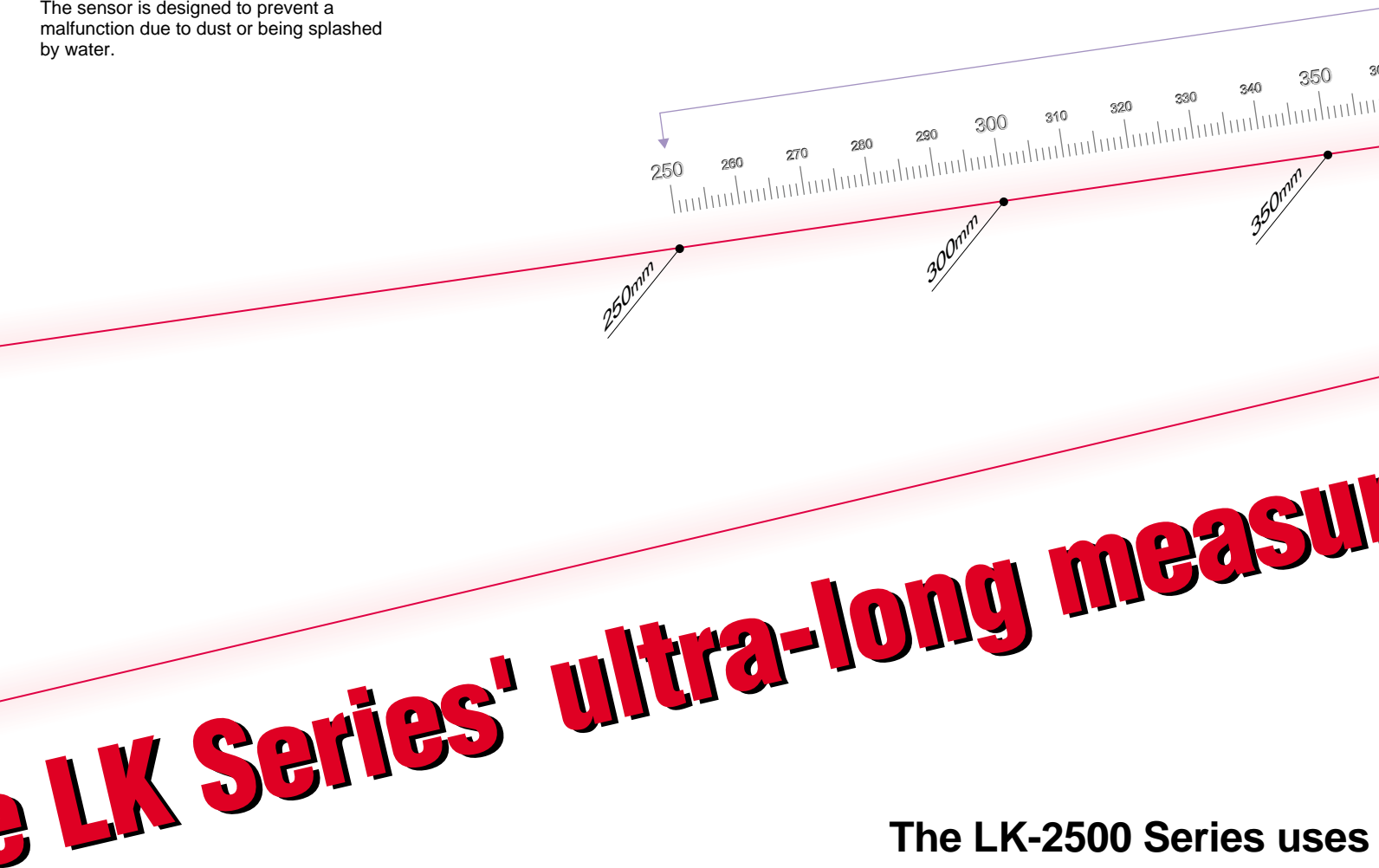


# Environment



## Environmental resistance conforming to IP-67

The sensor is designed to prevent a malfunction due to dust or being splashed by water.



# LK Series' ultra-long measurement

The LK-2500 Series uses

## No need for setup alterations at product changeovers

It is unnecessary to alter settings at changeovers in a multi-item production line or when another inspection device is used.

Ultra-long Range CCD Laser  
Displacement Sensor

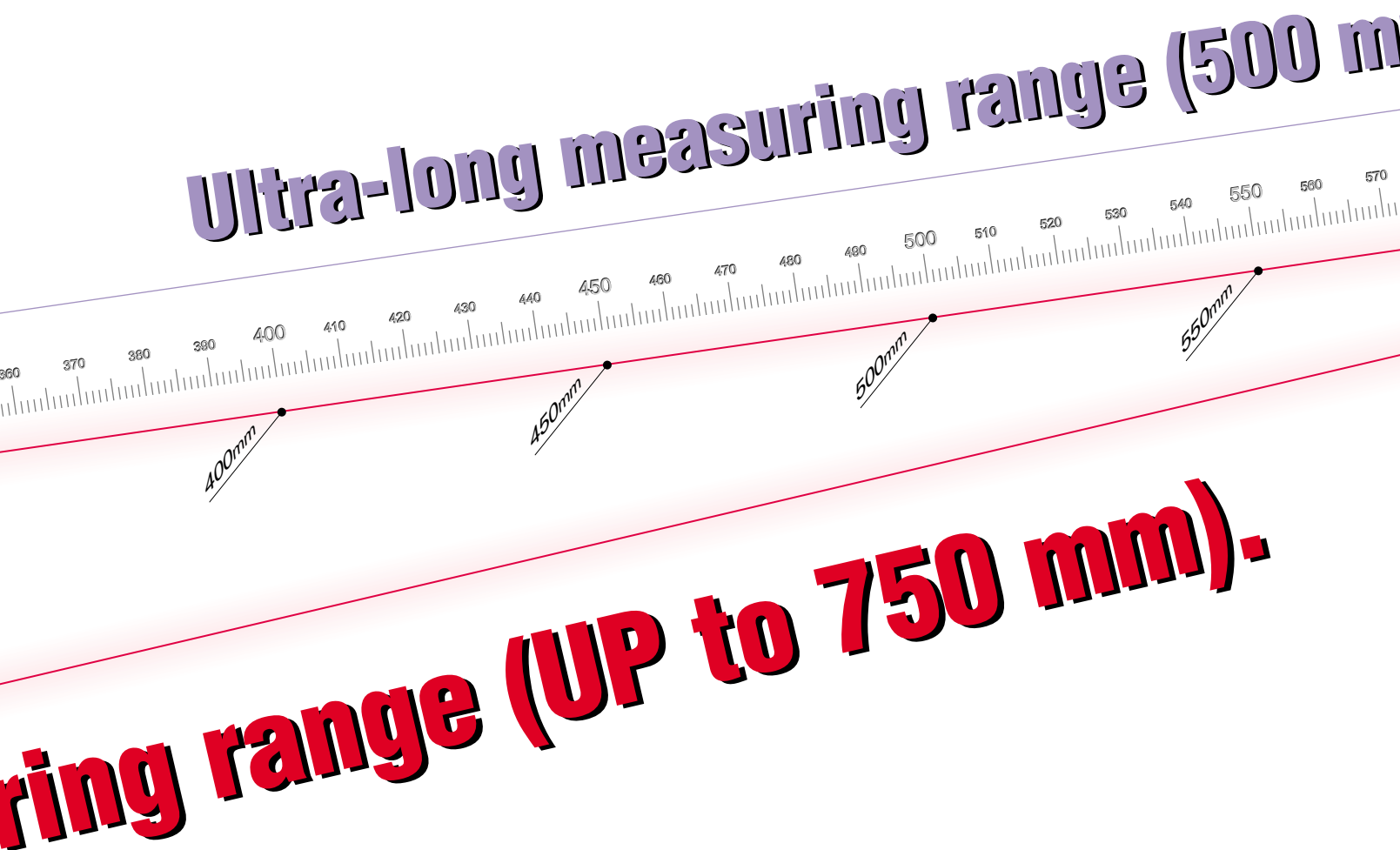
**LK-2500 Series**

Controller  
LK-2501/2503



Sensor head  
LK-501/503





its long measuring distance to solve the following applications

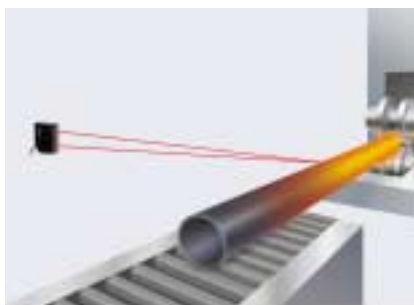
### Measurement at a safe distance from a moving object

The long measuring distance enables safe measurement, even when there is a moving object between the target and the sensor head.



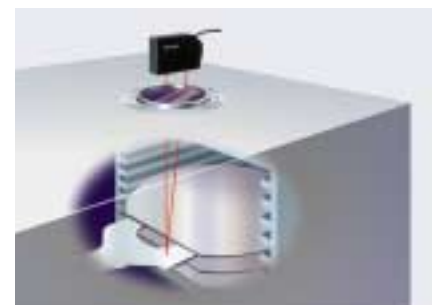
### Measurement of high temperature targets

The measuring distance of up to 750 mm allows measurement of high-temperature targets.

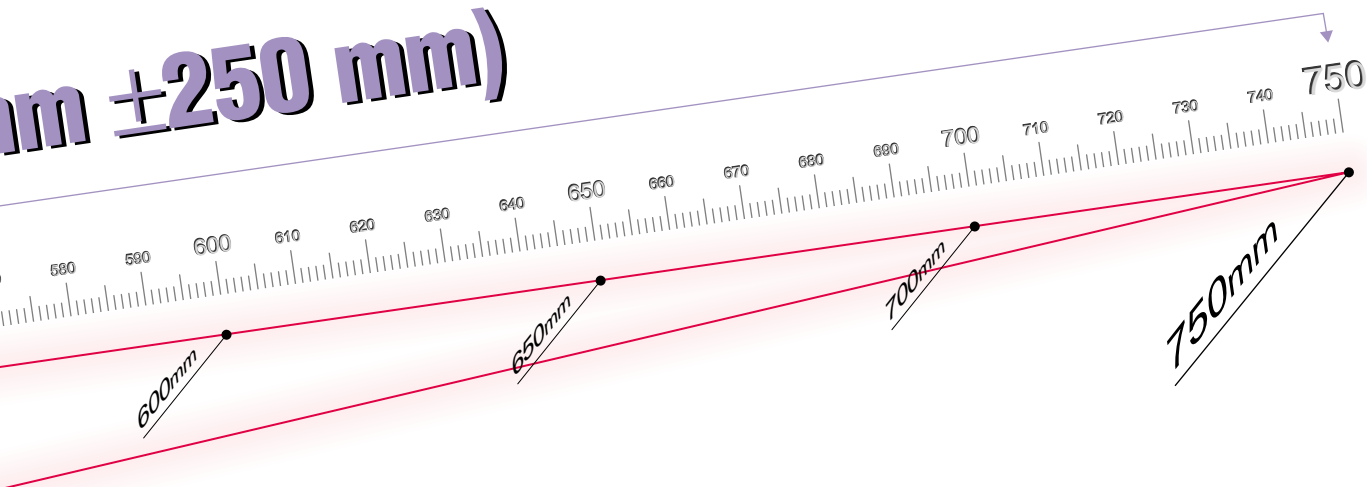


### Stable detection through glass plate

Even when the target is inside vacuum-sealed equipment, it can be detected through a glass window.



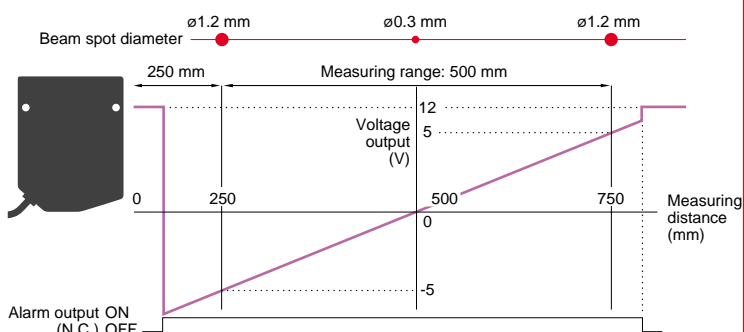
m ±250 mm)



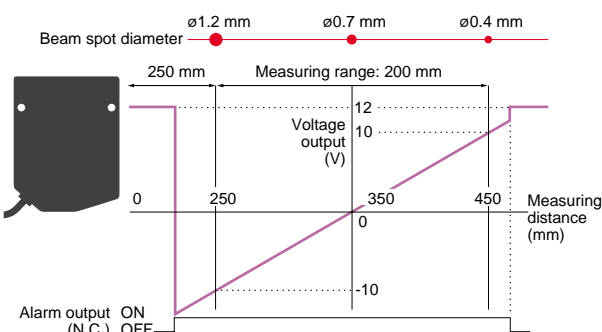
## Long-range mode or high-precision mode

A long measuring range of 500 mm or a high precision of 10  $\mu\text{m}$  can be selected.

### Long-range mode



### High-precision mode



## Specifications

Type	Ultra-long range	
Model	Sensor head	LK-501/503
	Controller	LK-2501/2503
Measurement mode	Long-range mode	
Reference distance	500 mm	
Measuring range	±250 mm	
Light source	Visible red semiconductor laser, wavelength: 690 nm	
Maximum output	0.95 mW [LK-503], 15 mW [LK-501]	
Pulsed radiation	3 to 994 $\mu\text{s}$	
Class	IEC 825-1 11.1993	Class 3B [LK-501/2501] Class 2 [LK-503/2503]
	FDA	Class IIIb [LK-501/2501] Class II [LK-503/2503]
	DIN EN60825-1 07. 1994	Klasse 3B [LK-501/2501] Klasse 2 [LK-503/2503]
Spot diameter	Approx. 0.3 mm dia. (at reference distance)	
Linearity	±0.1% of F.S. <sup>1</sup>	
Resolution	50 $\mu\text{m}$ <sup>2</sup>	
Analog output	Voltage	±5 V (50 $\mu\text{m}/\text{mV}$ )
	Impedance	100 $\Omega$
Alarm output	Current	4 to 20 mA (350 $\Omega$ max.) <sup>3, 4</sup>
	Current	NPN open-collector 100 mA (40 V) max. (N.C.) Residual voltage 1 V max. <sup>3</sup>
Sampling cycle	1024 $\mu\text{s}$	
Other functions	AUTO ZERO, Alarm hold, GAIN selection, Response speed selection, Span/Shift adjustment	
Power supply	24 VDC ±10% Ripple (p-p): 10 % max.	
Current consumption	400 mA max.	
Temperature fluctuation	Sensor head	0.02% of F.S./°C
	Controller	0.01% of F.S./°C
Enclosure rating	IP-67	
Ambient light	Incandescent or fluorescent lamp: 10,000 lux max. <sup>5</sup>	
Ambient temperature	Sensor head: 0 to 50 °C (32 to 122°F), Controller: 0 to 50 °C (32 to 122°F), No freezing	
Relative humidity	35 to 85%, No condensation	
Vibration	10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude in X, Y, and Z directions, 2 hours respectively	
Material	Sensor head: Aluminum die-cast, Controller: Polycarbonate	
Weight (including cable)	Sensor head	Approx. 700 g
	Controller	Approx. 515 g

1. Linearity was obtained using KEYENCE's standard target (white ceramic block gauge).

2. Resolution was obtained using KEYENCE's analog sensor controller (RD-50) with the number of averaging measurements set to 64.

Note: The ripple of the analog output may be 1 mV or more due to common mode noise when observed with an oscilloscope or high-speed A/D conversion board.

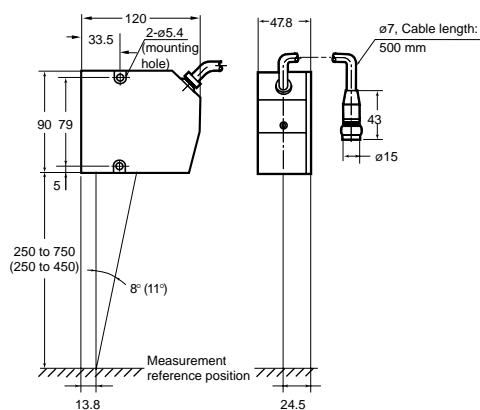
3. When measurement is impossible, 12 V (31.2 mA) is output.

4. The analog current output is 4 to 20 mA over the measurement range with an analog voltage output of ±5 V.

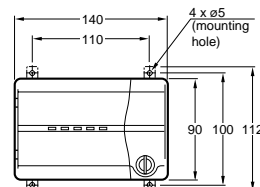
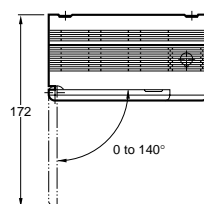
5. 5000 lux max. with LK-503/2503

## Dimensions

### Sensor head LK-501/503

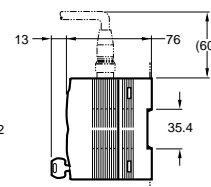


### Controller LK-2501/2503



### Extension cable

Cable length (m)	Model
2	LK-C2
5	LK-C5
10	LK-C10



## Associated products

High-precision measurement of  
minute targets  
CCD Laser Displacement Sensor  
**LK-2000 Series**



Digital display and control of multiple  
analog data  
Analog Sensor Controller  
**RD Series**

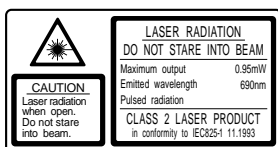


## Warning

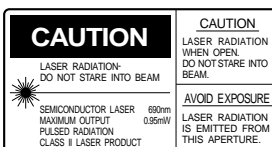
The LK-2500 series conforms to the IEC and FDA standards as follows.

Model		LK-501	LK-503
Class	IEC 825-1 11. 1993	Class 3B	Class 2
	FDA	Class IIb	Class II

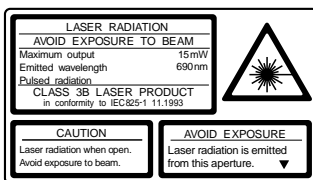
### IEC LK-503



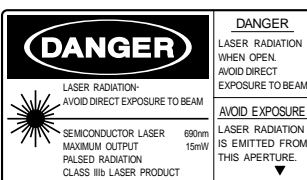
### FDA LK-503



### IEC LK-501



### FDA LK-501



Specifications are subject to change without notice.

# KEYENCE

### KEYENCE CORPORATION

1-3-14, Higashi-Nakajima, Higashi-Yodogawa-ku,  
Osaka, 533-8555, Japan  
PHONE: 81-6-6379-2211 FAX: 81-6-6379-2131

### KEYENCE (UK) LIMITED

504-510 Elder House, Station Square,  
Elder Gate, Milton Keynes MK9 1LR, U.K.  
PHONE: 01908-696900 FAX: 01908-696777

KEYENCE CORPORATION OF AMERICA  
PHONE: 201-930-0100 FAX: 201-930-0099

KEYENCE FRANCE S.A.  
PHONE: 01 47 92 76 76 FAX: 01 47 92 76

KEYENCE DEUTSCHLAND GmbH  
PHONE: 0711-79 73 71-0 FAX: 0711-797 77 99

KEYENCE SINGAPORE PTE LTD.  
PHONE: 392-1011 FAX: 392-5055

KEYENCE (MALAYSIA) SDN BHD  
PHONE: 03-252-2211 FAX: 03-252-2131

KEYENCE (THAILAND) CO., LTD.  
PHONE: 02-369-2777 FAX: 02-369-2775

KEYENCE TAIWAN CO., LTD.  
PHONE: 02-2627-3100 FAX: 02-2798-8925

KEYENCE KOREA CORPORATION  
PHONE: 02-563-1270 FAX: 02-563-1271

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

©KEYENCE CORPORATION, 1998 LK2500-C-3-0900 Printed in Japan



# ANEXO 7: SOFTWARE SIMATIC STEP7 PROFESSIONAL

# Software para controladores SIMATIC

Herramientas para configurar y programar  
controladores SIMATIC

Folleto · Noviembre 2010



## Software SIMATIC

Answers for industry.

**SIEMENS**

upna

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira



# Software para controladores SIMATIC

## Software de desarrollo universal

Los proyectos de automatización exigen un máximo de eficiencia. El software para controladores SIMATIC ofrece un entorno de ingeniería integrado, con herramientas de primera calidad para los más diversos modos de funcionamiento y tareas. Estas herramientas se estructuran sobre un sistema básico homogéneo, ofrecen interfaces abiertas, crean bloques reutilizables y, en consecuencia, permiten ahorrar tiempo.

### STEP 7, software para todos los controladores SIMATIC

STEP 7 permite configurar y programar no sólo PLC, sino también sistemas de automatización basados en PC. De este modo el usuario tiene libertad para elegir su hardware y puede utilizar el mismo software, aunque trabaje con configuraciones mixtas.

### Estándar mundial de programación

STEP 7 es el software de programación más conocido del mundo y el más utilizado en la automatización industrial. Y, además: STEP 7 es conforme con la norma IEC 61131-3. Esta norma internacional tiene como finalidad garantizar la portabilidad de los programas de usuario a equipos de distintos fabricantes. Se ha adoptado como norma europea y norma alemana con la denominación DIN EN 61131.

### PLCopen: la organización

Diferentes fabricantes y usuarios de sistemas de control y programación se han agrupado en la organización internacional PLCopen con el fin de promover la aplicación y la difusión de la programación conforme a la norma IEC 61131-3.

Siemens colabora activamente en la organización PLCopen y ha incorporado la programación de controladores en la norma IEC 61131.

Los niveles de cumplimiento de las normas (Compliance Class) definidos son los siguientes:

- Base Level (nivel básico)
- Conformity Level (nivel de conformidad)
- Reusability Level (nivel de reutilización)

Los certificados son expedidos por institutos independientes. S7-GRAPH (SFC) cuenta con el certificado de nivel básico (Base Level) y S7-SCL (ST) con el nivel de reutilización (Reusability Level).

### Totally Integrated Automation Portal: intuitivo, eficiente y con garantía de futuro

El TIA Portal integra la ingeniería de Totally Integrated en un framework común. Gracias a la apariencia idéntica ("look and feel") y a funciones homogéneas, desaparecen las fronteras entre STEP 7 y los demás productos de software, como el software de visualización SIMATIC WinCC. Además, la eficiencia de la ingeniería se ve incrementada por servicios comunes. Una base de datos compartida por todos los productos de software garantiza la consistencia del proyecto. La nueva versión 11 de STEP 7 es parte integrante del TIA Portal. Existen dos variantes: STEP 7 Basic, para configurar y programar los microcontroladores SIMATIC S7-1200, y STEP 7 Professional, para todos los controladores SIMATIC. Más detalles sobre STEP 7 en el nuevo TIA Portal en la página 24.

### Software para controladores SIMATIC A destacar

- Rápida familiarización por parte de programadores y personal de mantenimiento gracias a un manejo intuitivo y uso de lenguajes estándar
- Disminución de los tiempos de configuración e implantación por metodología de programación estructurada y orientada al proceso
- Reducción de costes para proyectos posteriores gracias a bloques de fácil reutilización
- Reducción del trabajo gracias a la posibilidad de configurar en lugar de programar
- Reusabilidad del software de usuario gracias a entorno de ingeniería común para todos los controladores
- Mayor disponibilidad de la instalación gracias a un eficaz diagnóstico del proceso



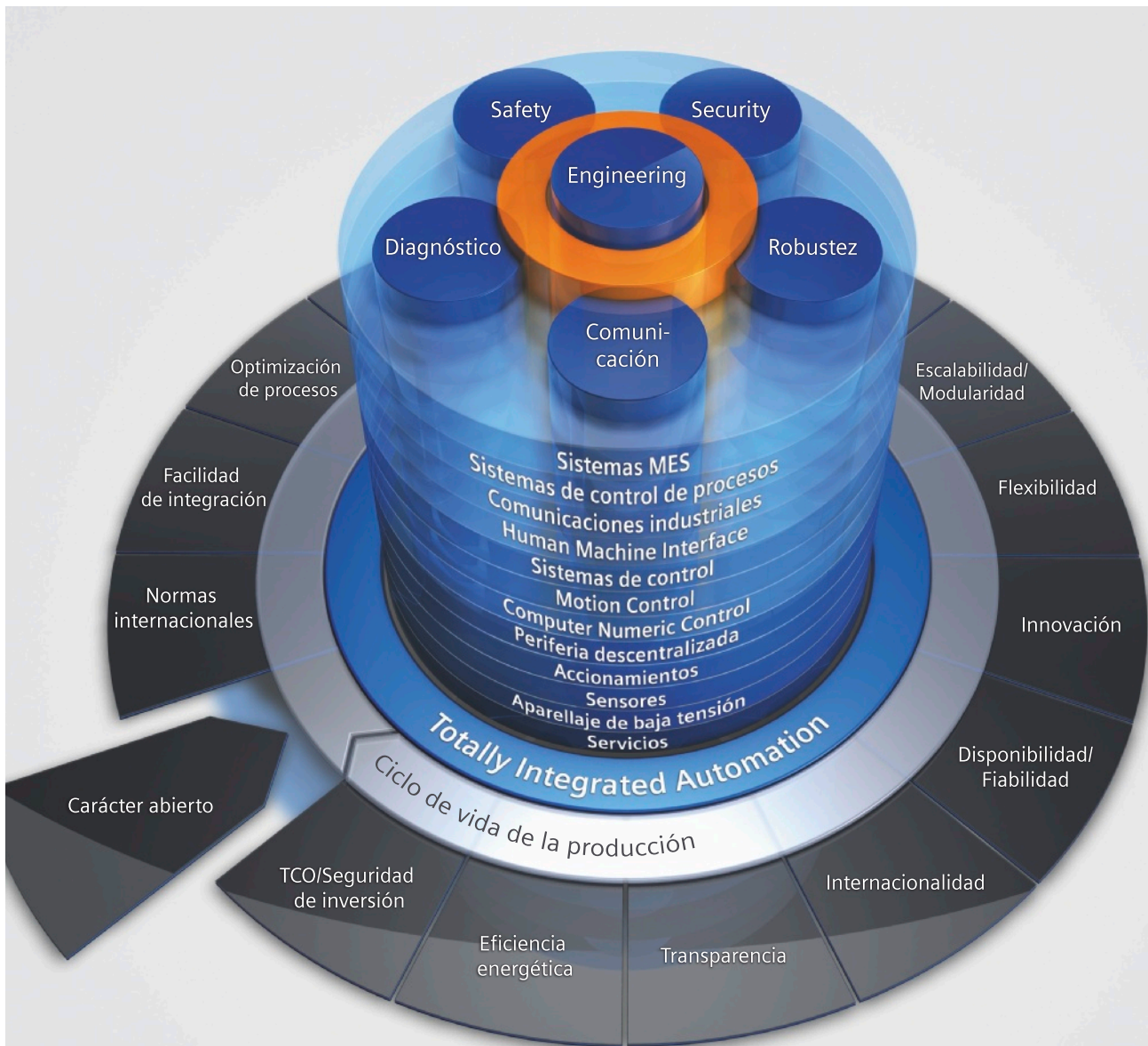
# Contenido

<b>Totally Integrated Automation</b>	
Software para controladores SIMATIC . . . . .	2
Propiedades del sistema . . . . .	6
<b>STEP 7 Professional</b>	
Herramientas y funciones . . . . .	8
Configuración del hardware . . . . .	9
Programación estructurada . . . . .	10
Editores de programas . . . . .	11
Configuración de la red, diagnóstico del sistema, documentación . . . . .	13
Configuración de estructuras de regulación y prueba de software . . . . .	14
Herramientas y funciones para tareas especiales . . .	15
<b>Paquetes opcionales</b>	
Paquetes opcionales para mayor seguridad de los datos y trazabilidad . . . . .	17
Interconectar y parametrizar en lugar de programar . . . . .	18
Paquetes opcionales para la configuración de estructuras de regulación . . . . .	19
S7-PDIAG y ProAgent, para un eficaz diagnóstico del proceso . . . . .	20
Telemantenimiento y conexión remota vía TeleService . . . . .	22
<b>Totally Integrated Automation Portal</b>	
Framework de ingeniería homogéneo para Totally Integrated Automation . . . . .	24
<b>Programadoras</b>	
SIMATIC Field PG M3, el PC portátil industrial potente y robusto . . . . .	26
<b>Complementos</b>	
Software para otras tareas de ingeniería, adjudicación de licencias y servicio de actualización . . . . .	27



# Totally Integrated Automation

Apuesta por un nuevo concepto de productividad  
y asegúrese ventajas duraderas frente a la competencia



Como respuesta a la creciente presión que se está observando en la competencia internacional, hoy en día es más importante que nunca aprovechar al máximo todos los potenciales de optimización que se presentan durante todo el ciclo de vida de una máquina o instalación.

Los procesos optimizados permiten reducir el coste total de propiedad (TCO), acortar el plazo de lanzamiento al mercado y mejorar la calidad. Este equilibrio perfecto entre calidad, tiempo y costes es, hoy más que nunca, el factor decisivo para tener éxito en el ámbito industrial.

Totally Integrated Automation ha sido desarrollado para satisfacer de manera óptima todos los requisitos posibles y está abierto a estándares internacionales y sistemas de otros fabricantes. Con las seis propiedades del sistema que lo caracterizan, Totally Integrated Automation es el mejor apoyo durante todo el ciclo de vida de una máquina o instalación. Toda la arquitectura del sistema ofrece soluciones integrales para cada segmento de automatización basándose en una amplia gama de productos.

### **SIMATIC, automatización eficiente y sistemática**

SIMATIC, una de las gamas esenciales de Totally Integrated Automation, comprende un sinfín de productos estandarizados, flexibles y escalables como, por ejemplo, el Software para controladores SIMATIC que presentamos en este folleto.

SIMATIC es considerado en la actualidad el número uno mundial en el terreno de la automatización. Este hecho en parte también se debe a que SIMATIC ofrece las seis propiedades del sistema típicas de Totally Integrated Automation:

- Ingeniería
- Comunicación
- Diagnóstico
- Safety
- Security
- Robustez

Por otro lado, SIMATIC se caracteriza por otras dos propiedades del sistema:

- Tecnología
- Alta disponibilidad

Para saber más sobre las propiedades del sistema y los beneficios resultantes de las mismas, lea el capítulo "Propiedades del sistema".



# Propiedades del sistema

## Ingeniería



### **Máxima eficiencia en ingeniería, durante todas las fases del ciclo de vida de la máquina o instalación**

SIMATIC le garantiza un entorno de ingeniería homogéneo. Un software eficiente le proporciona una ayuda incalculable durante todo el ciclo de vida de la máquina o instalación, comenzando por la planificación y concepción, continuando con la configuración y programación y terminando con la puesta en marcha, el funcionamiento cotidiano y la modernización. La capacidad de integración y la compatibilidad de sus interfaces confieren al software SIMATIC la posibilidad de garantizar una gran consistencia de los datos durante todo el proceso de ingeniería.

## Comunicación



### **Máxima transparencia de los datos a todos los niveles de automatización, basada en estándares probados**

Con SIMATIC se cumplen todos los requisitos para disfrutar de una homogeneidad ilimitada en la comunicación y, por lo tanto, de una transparencia máxima a todos los niveles, desde el nivel de campo y control hasta los niveles de gestión y dirección empresarial. Para ello, SIMATIC se apoya en estándares internacionales no propietarios que se pueden combinar con toda flexibilidad: PROFINET, el estándar Industrial Ethernet más destacado, y PROFIBUS, el bus de campo líder en el mundo entero.

## Diagnóstico



### **Minimización de los tiempos de parada con métodos de diagnóstico sumamente eficientes**

Todos los productos SIMATIC llevan integradas funciones de diagnóstico que permiten localizar cualquier fallo y eliminarlo de forma eficaz para garantizar una mayor disponibilidad del sistema. Con la Maintenance Station, incluso las instalaciones de gran envergadura pueden gozar de una vista unitaria de toda la información relevante para el mantenimiento de todos los componentes de automatización.

## Safety



### **Protección de personas y máquinas en el marco de un sistema global homogéneo e integrado**

SIMATIC Safety Integrated ofrece productos con certificado TÜV, que simplifica el cumplimiento de normas relevantes: IEC 62061 hasta SIL 3, EN ISO 13849-1 hasta PL e, así como EN 954-1. Gracias a la integración de las funciones de seguridad en los equipos estándar, sólo son necesarios un controlador, una periferia, una ingeniería y un sistema de bus. Con ellos se dispone de las ventajas del sistema y de las amplias funciones de SIMATIC también para aplicaciones de seguridad.



### Seguridad de datos en un mundo conectado en red gracias a sistemas de seguridad escalables y plenamente compatibles.

SIMATIC permite disfrutar de todas las ventajas resultantes de la unión cada vez más estrecha entre el mundo de la automatización y el mundo ofimático: intercambio de información a todos los niveles (Collaborative Manufacturing) o acceso desde cualquier lugar a los datos de producción a través de Internet. Como respuesta a los mayores requisitos de seguridad derivados de esta tendencia, SIMATIC ofrece IT Security (protección de la información) para proteger tanto los datos como la producción (por ejemplo, con funciones de cortafuegos, protección de acceso, encriptado o redes VPN).



Security

### Máxima aptitud para entornos industriales gracias a gran robustez

Todos los productos estándar de la gama SIMATIC se destacan por su máxima calidad y robustez, por lo que resultan idóneos para su uso en entornos industriales. Las pruebas de sistema que realizamos son exhaustivas y específicas y garantizan la calidad esperada y requerida. Los componentes SIMATIC cumplen todas las normas internacionales relevantes y cuentan con los certificados pertinentes. Tanto la tolerancia a temperaturas como la resistencia a choques y vibraciones o la compatibilidad electromagnética están definidas en las normas de calidad SIMATIC. Para condiciones de utilización entre difíciles y extremas se ofrecen versiones ruggedizadas como SIPLUS extreme o variantes especiales de SIMATIC ET 200. Entre sus características figuran un mayor grado de protección, un rango de temperatura ampliado o resistencia a condiciones ambientales rigurosas.



Robustez

### Más posibilidades, menor complejidad gracias a la funcionalidad tecnológica integrada

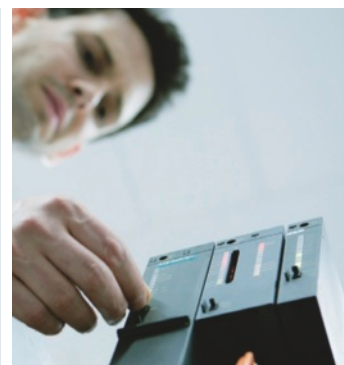
Contaje y medición, control por levas, regulación o control de movimiento (Motion Control): Usted puede integrar en el mundo de SIMATIC tareas tecnológicas sin necesidad de cambiar el sistema, en las más variadas combinaciones y complejidad y de forma simple, confortable y homogénea. Las tareas de parametrización y programación se realizan en el acostumbrado entorno de STEP 7.



Tecnología

### Máxima disponibilidad con conceptos de redundancia homogéneos

Para una mayor disponibilidad de la planta o instalación, Siemens ofrece un amplio concepto de redundancia: desde el nivel de campo y de control hasta el nivel de gestión de la empresa. Así, por ejemplo, los controladores probados en campo aseguran una alta disponibilidad gracias y conmutación suave al equipo intacto y sincronización automática de eventos.



Alta disponibilidad

# STEP 7 Professional

## Herramientas y funciones

**STEP 7 incluye amplias herramientas y funciones para las diferentes tareas de un proyecto de automatización. Frente a la versión básica, STEP 7 Professional ofrece mayor número de editores de programas.**

Los componentes esenciales de STEP 7 son:

- SIMATIC Manager para administrar todas las herramientas y los datos de un proyecto de automatización.
- HW Config. para configurar y parametrizar el hardware.
- Editores de programas para crear y probar programas de usuario estructurados.
- NetPro para configurar la transferencia de datos a través de MPI o PROFIBUS/PROFINET.
- Diagnóstico integrado del sistema para obtener una panorámica del estado del sistema de automatización.
- DOCPRO para documentación de proyectos conforme a la normativa.
- PID Control y PID Temperature Control para parametrizar reguladores PID y de temperatura sencillos.
- S7-PLCSIM (componente de STEP 7 Professional) para probar el software sin controlador.
- Creación de programas para controladores de alta disponibilidad y de seguridad.
- Tool Calling Interface (TCI) para la integración de sistemas de diseño de otros fabricantes.
- Interfaz de comandos abierta para importar/exportar datos de otras herramientas de Windows.
- Para mejor trazabilidad de modificaciones se dispone de las opciones SIMATIC Logon y SIMATIC Version Trail.

### Gran productividad con STEP 7 Professional

- Un paquete, todos los lenguajes IEC:
  - KOP, FUP, AWL, S7-SCL, S7-GGRAPH
  - y para el test offline: S7-PLCSIM
- Más económico por ser paquete
- Reducción de costes en la instalación y la actualización
- Las estaciones de ingeniería con la misma dotación básica permiten aumentar la productividad:
  - Cualquier implicado en un proyecto puede trabajar en cualquier equipo.
  - Cada empleado utiliza la herramienta con la que puede trabajar del modo más productivo posible.

### Funciones básicas con STEP 7 Basis

- Como paquete básico, STEP 7 está también disponible sin S7-SCL, S7-Graph y S7-PLCSIM.

### SIMATIC Manager

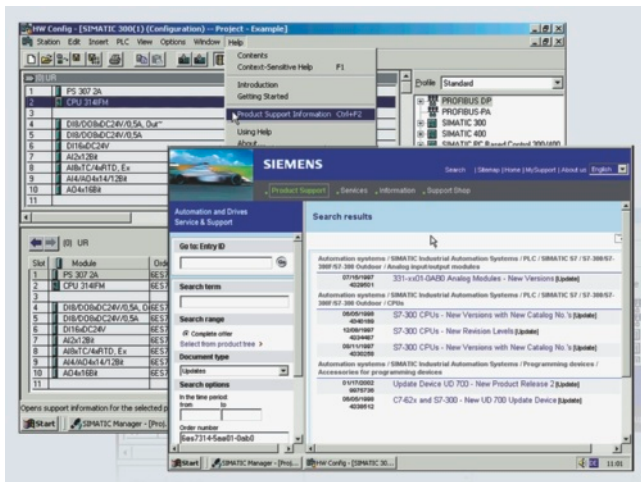
El SIMATIC Manager gestiona todos los datos que pertenecen a un proyecto de automatización. Además se utiliza para crear, copiar, descargar y archivar proyectos.

- Multiproyecto  
La función Multiproyecto permite ensamblar un proyecto a partir de diferentes subproyectos que diferentes usuarios pueden editar localmente al mismo tiempo. La reagrupación de los proyectos se lleva a cabo con la ayuda del sistema. Así, pues, se puede crear, por ejemplo, una subred de comunicaciones que abarque múltiples proyectos de una forma centralizada para todo el multiproyecto.
- Soporte de idiomas  
Esta función sirve de ayuda en la creación y administración de los textos de un proyecto en varios idiomas. Para ello, los textos que se deben traducir se exportan desde STEP 7, se editan con un editor ASCII o con un programa de hoja de cálculo (por ejemplo, Excel) y, a continuación, se reimportan a STEP 7.
- Archivo de datos de proyecto en la CPU  
Además del programa de usuario en sí, los datos de todo el proyecto pueden almacenarse en la tarjeta de memoria de la CPU. Estos datos están disponibles in situ para fines de servicio técnico.
- Ayuda online  
En la ayuda online de STEP 7 se visualiza un portal de información con el icono de "página de inicio". Permite el acceso directo a los temas principales de la ayuda online, p. ej.:
  - Introducción a STEP 7
  - Configuración y programación
  - Pruebas y búsqueda de errores
  - SIMATIC en Internet

### Paquete de oferta para cambiar a STEP 7 Professional

Para ayudarle en su decisión de cambiar del paquete básico STEP 7 a STEP 7 Professional, le ofrecemos un atractivo paquete de oferta con STEP 7 Professional PowerPack y servicio de actualización del software para STEP 7 Professional durante un año por un precio muy económico. El PowerPack permite actualizar el paquete básico STEP 7, versión 5.4 o superior, a la última versión de STEP 7 Professional.

## Configuración hardware



Acceso a información detallada a través de Internet

Las CPU y los módulos de SIMATIC ya no tienen interruptores mecánicos ni tornillos de ajuste. Todos los ajustes se realizan de forma centralizada por software. Para ello, el hardware (incluidas las E/S centralizadas y descentralizadas) se configura y se parametriza en la herramienta HW Config (configuración hardware).

Las funciones especiales de HW Config son:

- Conexión a Internet  
Gracias a la conexión con la información de asistencia técnica del producto disponible en Internet en cualquier momento se puede obtener la información más reciente sobre el hardware empleado. Directamente desde la ayuda de HW Config se puede acceder a los datos técnicos, a las preguntas frecuentes o a la documentación de los módulos utilizados. Los nuevos componentes de hardware pueden integrarse directamente en STEP 7 vía Internet sin necesidad de un Service Pack adicional.
- Configuration in RUN (CiR)  
CiR permite realizar determinadas modificaciones en la configuración de hardware con la instalación en marcha. Al hacerlo, el procesamiento se detiene como máximo durante un segundo. El requisito es la utilización de una CPU S7-400 o S7-400H.

### Editor de topología

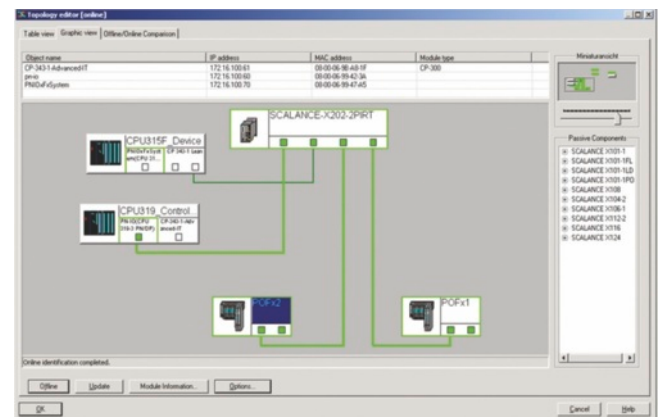
#### Representación gráfica de los puertos que se comunican

La periferia descentralizada en PROFINET se configura con el configurador de hardware (HW Config.). En la vista de estación de HW Config. se pueden representar gráficamente los controladores y la periferia descentralizada asociada.

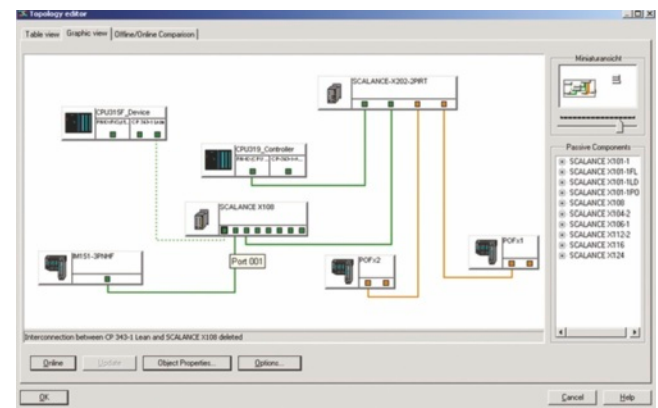
Sin embargo, durante el funcionamiento no es posible saber qué puertos se están comunicando realmente entre sí. Esta información, no obstante, es a menudo importante para fines de diagnóstico.

En redes PROFINET, el editor de topología ofrece la posibilidad de representar dicha información de forma rápida y sencilla. El editor se arranca fácilmente haciendo doble clic en el segmento de Ethernet que corresponda dentro de HW Config. Una comparación offline/online identifica los puertos que se están comunicando y los representa en forma de tabla o gráfico.

Mediante la determinación, representación y vigilancia de las conexiones físicas entre los equipos de PROFINET IO, el administrador puede supervisar y administrar fácilmente incluso las redes más complejas.



Editor de topología



Topología: representación gráfica

El procedimiento subyacente está normalizado según IEEE802.1AB: El Link Layer Discovery Protocol (LLDP) es un protocolo no propietario mediante el cual un equipo conectado puede comunicar su identidad y características. LLDP funciona en la capa 2 del modelo de referencia ISO/OSI.

# Programación estructurada

Una característica esencial de STEP 7 Professional es el diseño estructurado de los programas generados con el software.

En caso de programas voluminosos, es recomendable, y a veces imprescindible, dividirlos en distintas secciones de programa. Las secciones de programa deben ser partes de programa cerradas en sí mismas que tengan una relación tecnológica o funcional. Estas partes de programa reciben el nombre de bloques. Un bloque es una parte del programa de usuario delimitada por su función, estructura o finalidad de uso.

## Elementos de un programa de usuario

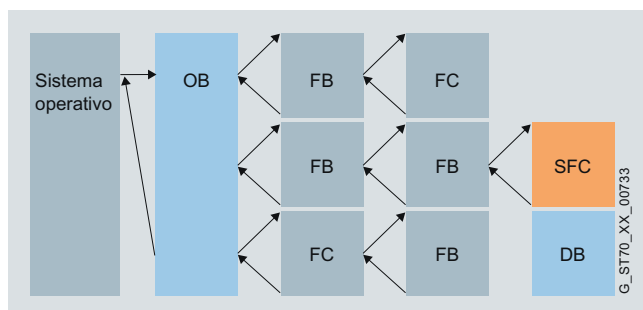
Los programas de usuario se componen de los siguientes elementos:

- **Bloques de organización (OB)**  
Los bloques de organización determinan la estructura del programa de usuario. Constituyen la interfaz entre el sistema operativo y el programa de usuario. Controlan el comportamiento en arranque del sistema de automatización, la ejecución cíclica y controlada por alarmas del programa y el tratamiento de errores.
- **Bloques de función (FB), funciones (FC):**
  - Los bloques de función son bloques lógicos que contienen el programa propiamente dicho. Disponen de un bloque de datos asignado en el que se almacenan datos estáticos además de los parámetros de entrada y de salida. De este modo, los FB mantienen los valores procesados incluso a lo largo de varios ciclos.
  - Las funciones no tienen ningún bloque de datos asignado, necesitan siempre valores de entrada actuales cuando se las llama. Proporcionan el resultado de la función después de cada llamada.
  - Uno mismo puede programar los FB y FC. También se puede inhibir la visualización de los bloques programados por uno mismo. Esta función es interesante, por ejemplo, para los fabricantes de maquinaria, que así pueden proteger su know-how. En ese caso, los FB/FC se presentan como cajas negras que ocultan al usuario cómo se ha implementado la función. Opcionalmente también están disponibles librerías de bloques especiales ya programados que sólo tienen que interconectarse. Por ejemplo, están disponibles funciones IEC, reguladores y bloques para convertir programas SIMATIC S5 y 505.
- **Block Privacy**, una protección adicional para bloques, permite codificar bloques con una contraseña personal. Así, éstos se guardan codificados en la memoria de carga de la CPU y sólo pueden ser decodificados por ella. Los bloques sólo se pueden leer codificados desde la memoria de carga. De esta manera se garantiza la protección de los bloques contra modificaciones de ingeniería.

## Potencial de ahorro

- Incluso los programas voluminosos pueden programarse de una forma clara.
- Las terceras personas que acceden a los programas estructurados al realizar tareas de servicio técnico, mantenimiento o modificaciones posteriores pueden entenderlos con más facilidad y procesarlos de un modo más sencillo. La prueba del programa se puede realizar por secciones.
- Las partes del programa se pueden estandarizar y reutilizar.
- Pueden trabajar varios programadores en un proyecto al mismo tiempo.

- **Bloques de datos (DB)**  
Los bloques de datos son áreas de datos que contienen datos de usuario. Estos bloques pueden estar asignados a bloques de función sueltos o a todo el proyecto.
- **Funciones de sistema (SFC) y bloques de funciones de sistema (SFB)**  
Algunas de las funciones que se necesitan repetidamente están integradas en el sistema operativo de las CPU S7 y se pueden llamar desde allí. Estas funciones son, por ejemplo, funciones para la comunicación, el manejo del reloj y del contador de horas de funcionamiento y la transferencia de registros. Para la programación offline, con STEP 7 se entregan en forma de librería funciones de sistema o bloques de funciones de sistema.



Estructura de un programa de usuario

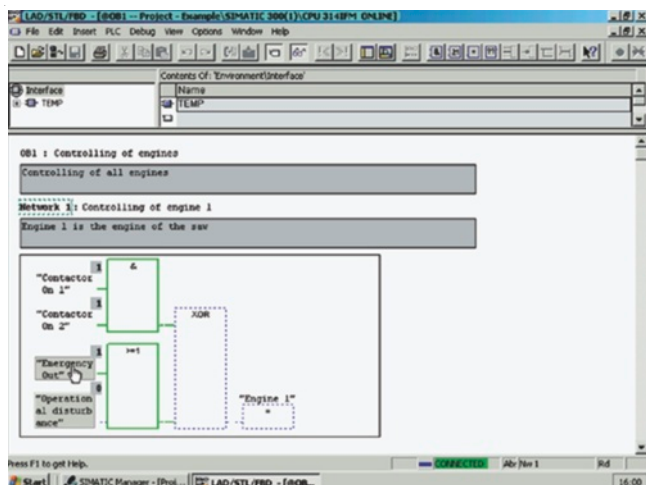
NUEVO



## Editores de programas

### STEP 7 Basis: KOP, FUP, AWL

El editor de programas es la interfaz de programación para el programa de usuario. Para la programación están disponibles los lenguajes KOP (esquema de contactos), FUP (diagrama de funciones) y AWL (lista de instrucciones). Estos lenguajes se pueden combinar entre sí y, en general, se puede transferir de uno a otro.



Programación en diagrama de funciones (FUP)

### S7-SCL

#### Programación de algoritmos complejos

S7-SCL se corresponde con el lenguaje de programación textual de alto nivel ST (texto estructurado) definido en la norma IEC 61131-3 y cumple con los niveles Base Level y Reusability Level conformes a PLCopen. S7-SCL está indicado especialmente para la programación de algoritmos complejos y funciones matemáticas o bien para tareas del ámbito del procesamiento de datos.

Usos adicionales a los de KOP, FUP y AWL:

- Creación de programas más sencilla, más rápida y menos propensa a errores gracias a la utilización de potentes estructuras sintácticas como, por ejemplo, IF...THEN...ELSE
- Mayor legibilidad, estructuración más clara
- Prueba de programa más simple a nivel de lenguaje de alto nivel usando un depurador

Sección de declaración y de instrucciones de un bloque de función en S7-SCL

### Funciones

Los programas S7-SCL se programan como fuentes ASCII. Por eso, existe la posibilidad de realizar intercambios con otras fuentes y con otros destinos ASCII. El editor S7-SCL ofrece diferentes plantillas para insertar, las cuales sólo tienen que rellenarse:

- Plantillas para bloques (por ejemplo, bloques de función, bloques de datos) y sus llamadas.
- Plantillas para los comentarios del bloque, parámetros de bloque y constantes.
- Plantillas para estructuras de control (IF, CASE, FOR, WHILE, REPEAT) que contienen la sintaxis precisa.

S7-SCL dispone de las siguientes funcionalidades:

- Elementos de lenguaje de programación de alto nivel, por ejemplo, bucles iterativos, ramas alternativas y listas de destinos de saltos.
- Los bloques S7-SCL se pueden utilizar en otros lenguajes de STEP 7.
- Ampliaciones lingüísticas típicas de PLC; por ejemplo, el direccionamiento de E/S o el inicio y la consulta de tiempos y contadores.



# Editores de programas

## S7-GRAPH

### Programación de controles secuenciales

El paquete de software S7-GRAPH se utiliza para describir procesos secuenciales con secuencias alternativas o paralelas. Los procesos se configuran y se programan de una forma clara y rápida en un tipo de representación estandarizado (según IEC 61131-3, DIN EN 61131).

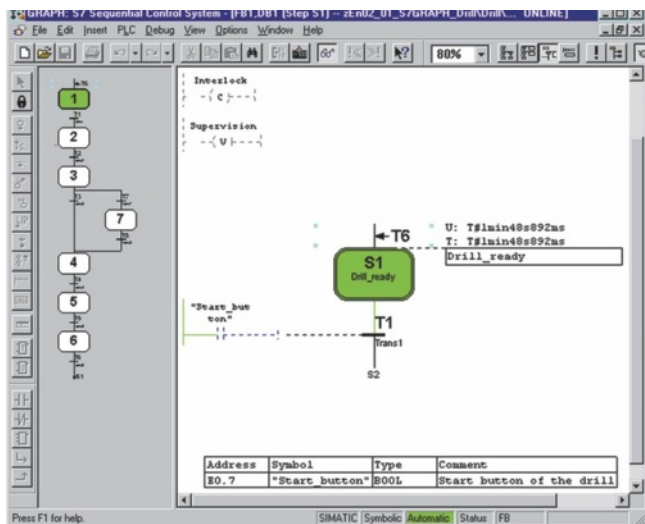
Usos adicionales a los de KOP, FUP y AWL:

- Los lenguajes KOP, FUP y AWL se aplican principalmente en controles lógicos o combinacionales. En S7-GRAPH lo fundamental es la evolución del proceso.
- Representación gráfica y clara del proceso mediante cadenas secuenciales; esto simplifica el mantenimiento y, en caso necesario, los programas se pueden modificar y adaptar.
- Búsqueda de errores de proceso con funciones de diagnóstico integradas; de este modo, se minimizan los caros tiempos de inactividad en la fabricación.

### Ejemplo de aplicación

Un ejemplo típico de un proceso secuencial es un proceso de taladrado con las etapas siguientes:

- Taladradora preparada
- Sujetar pieza
- Arrancar motor de la taladradora, conectar opcionalmente la bomba de refrigerante
- Bajar taladradora
- Subir taladradora
- Desconectar bomba de refrigerante, apagar motor
- Soltar pieza



Funciones de prueba y diagnóstico: S7-GRAPH en modo de visualización

Para la programación conforme a las normas IEC 61131-3 y PLCopen Base Level se dispone de las funciones siguientes:

### Funciones básicas

- Estructura flexible de las secuencias: ramas simultáneas y alternativas, saltos dentro de cadenas secuenciales, activación y desactivación de etapas.
- Ejecución selectiva de las etapas. De este modo, el tiempo de ejecución de una cadena es independiente del número de etapas.
- Sincronización del modo manual y automático:  
El proceso ya no es síncrono si, en el modo manual, se ha llevado a otro estado.  
S7-GRAPH sirve de ayuda para buscar puntos de sincronización para retomar el modo automático. Para ello se marcan las etapas relevantes. Como criterios se pueden definir transiciones o enclavamientos.

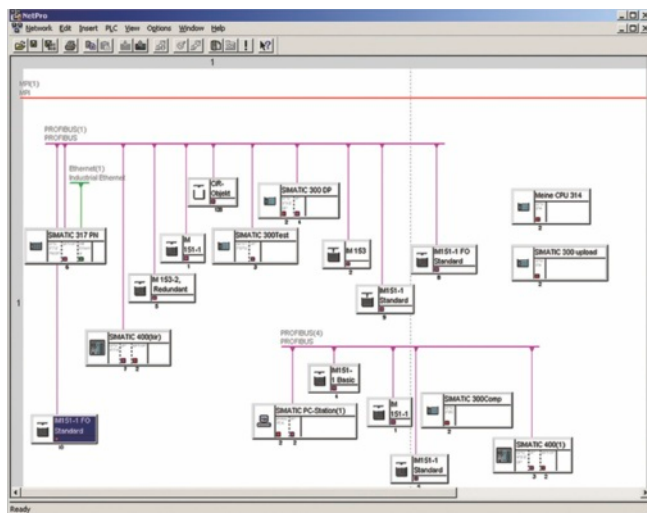
### Funciones de prueba y diagnóstico

- Funciones online:  
Las funciones online contribuyen a un ahorro de tiempo considerable, sobre todo durante la puesta en servicio. Así, es posible hacer que se visualicen etapas activas, estados de las condiciones de enclavamiento, supervisión y transición, así como acciones ejecutadas. En principio están disponibles las posibilidades de diagnóstico siguientes:
  - Las cadenas secuenciales se pueden visualizar online en SIMATIC WinCC. Para ello, los gráficos se importan desde S7-GRAPH (S7-GRAPH Viewer).
  - Para funciones de diagnóstico más detalladas existe la posibilidad de saltar directamente de SIMATIC WinCC a S7-GRAPH y a la etapa que en aquel momento esté activa. Por motivos de seguridad, esta función está limitada al acceso de sólo lectura.
- Diagnóstico de fallos del proceso:  
S7-GRAPH permite un diagnóstico rápido y acertado de fallos de proceso (fallos fuera del sistema de automatización; por ejemplo, "Fin de carrera no alcanzado", "Nivel de llenado rebasado"). Así, el personal de manejo y de mantenimiento dispone de una ayuda óptima al buscar y eliminar averías. Los tiempos de inactividad se acortan y la disponibilidad de la instalación aumenta. El diagnóstico está integrado y no es necesario programarlo. Durante la configuración, se puede almacenar información adicional relevante para el diagnóstico, como los textos y los números de aviso. Esta información se visualiza como secuencias con ProAgent durante el funcionamiento. ProAgent está disponible como paquete opcional para SIMATIC WinCC y WinCC flexible.

# Configuración de la red, diagnóstico del sistema, documentación

## Configuración de la comunicación con NetPro

La herramienta NetPro de STEP 7 permite configurar la comunicación de la instalación. Aquí se configuran de una forma gráfica y muy clara los enlaces de comunicación entre las diferentes estaciones. NetPro contiene todos los drivers necesarios para CP PROFINET y PROFIBUS (NCM).



Configuración gráfica de los enlaces de comunicación en NetPro

## Diagnóstico del sistema

El diagnóstico del sistema ofrece una panorámica del estado momentáneo del sistema de automatización. Para ello, los componentes de hardware generan la correspondiente información de diagnóstico que se puede evaluar en STEP 7. Al mismo tiempo también se registran errores en componentes conectados al controlador vía PROFIBUS o PROFINET.

Son funciones del diagnóstico de hardware, por ejemplo:

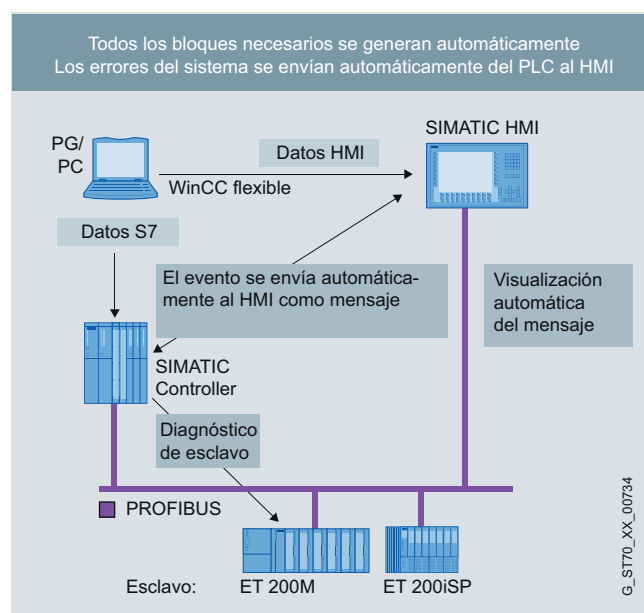
- Notificar errores de sistema:  
La función "Notificar error de sistema" es una forma cómoda de mostrar la información de diagnóstico ofrecida por los componentes de hardware del control en forma de avisos. STEP 7 genera automáticamente los bloques y los textos de aviso necesarios. Sólo hay que cargarlos en la CPU. La transferencia de los textos de diagnóstico a los equipos SIMATIC HMI conectados no requiere programación adicional. Dado que STEP 7 y los sistemas SIMATIC HMI SIMATIC WinCC y WinCC flexible utilizan una base de datos común, se visualizan los mismos avisos de error en texto explícito tanto en STEP 7 como en el equipo HMI.

- Detallado diagnóstico del sistema con la PG:  
Posibilidad de llevar a cabo un análisis detallado de los errores con ayuda de la programadora. Facilita la instalación y la puesta en servicio. Durante el funcionamiento es posible localizar y diagnosticar los fallos con exactitud.
- Diagnóstico general: En una ventana se representa gráficamente la topología del controlador. La sobreimpresión del estado de los módulos en dicha ventana ofrece información directa adicional con rapidez.
- Diagnóstico de detalle: Desde la ventana general es posible conmutar a una ventana de detalle donde figura información detallada de los errores en texto explícito relativa a los diferentes módulos.
- Estado/Forzado: En la vista de topología de HW Config es posible observar y forzar directamente entradas/salidas.

Todos los errores se registran en el búfer de diagnóstico del controlador. En caso de errores críticos, la CPU pasa a STOP y todas las señales de salida adoptan los valores sustitutivos configurados.

## DOCPRO para documentación de proyectos conforme a la normativa.

- Documentación del proyecto unificada con pie de página y margen normalizado.
- Integración selectiva de las tareas de impresión también desde subproyectos.
- Almacenamiento de tareas de impresión.
- Edición de tareas de impresión almacenadas.



# Configuración de estructuras de regulación y prueba de software

## PID Control

Componente de STEP 7, es un sencillo algoritmo PID con el que se pueden resolver directamente pequeñas aplicaciones de regulación. Este algoritmo de regulación se parametriza con ayuda de una tabla sinóptica. Se pueden implementar reguladores continuos, reguladores paso a paso y conformadores de impulsos que se cargan en la CPU en forma de bloques de función.

## PID Temperature Control

Adicionalmente a los bloques de función PID Control de uso universal se incluyen dos bloques de regulación especializados en la regulación de temperatura. Se pueden emplear como reguladores de calefacción o de refrigeración. En principio también se pueden implementar otros procesos regulados con requisitos parecidos. Una función de autooptimización en línea integrada permite sintonizar el regulador, sin necesidad de programadora, durante el funcionamiento.

## S7-PLCSIM, para probar el software sin controlador

Los sistemas de simulación pueden admitir con plena eficacia el desarrollo de programas y su utilización productiva. Un entorno de prueba simulado, incluido el control y el proceso, acorta, por ejemplo, los tiempos de puesta en marcha y, por tanto, reduce los costes. Gracias a una localización precoz de los errores de programación y a la optimización de programas, éstos ya pueden empezar a utilizarse en la instalación depurados de errores y perfectamente optimizados.

### Campo de aplicación

SIMATIC S7-PLCSIM simula un controlador para realizar una prueba funcional de bloques de usuario y programas para S7-300 y S7-400 en la PG o en el PC. Los accesos online y las funciones de prueba de las herramientas de programación se pueden ejecutar de la misma manera que con un controlador real. Con ello, la prueba completa del programa puede realizarse in situ en la oficina de desarrollo.

**NUEVO**

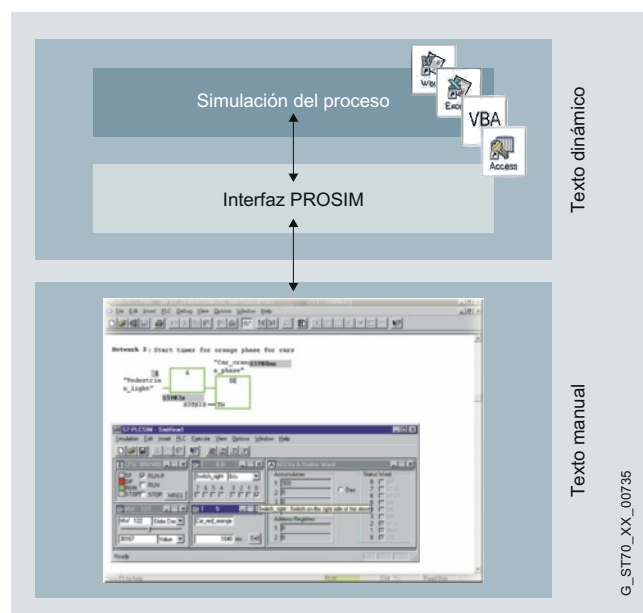
S7-PLCSIM se puede iniciar varias veces para probar al mismo tiempo varios controladores del conjunto. Después de descargar el programa, la instancia asume el nombre de la correspondiente estación. La a posibilidad de comunicar a través de MPI, PROFIBUS DP y TCP/IP garantiza un alto grado de flexibilidad.

### Función

El S7-PLCSIM ejecuta el programa de usuario como lo haría un controlador real (funciones especiales como seguridad intrínseca sólo en determinadas condiciones). Durante la ejecución del programa se pueden supervisar y modificar diferentes valores de proceso mediante una sencilla interfaz de usuario (por ejemplo, conexión o desconexión de E/S).

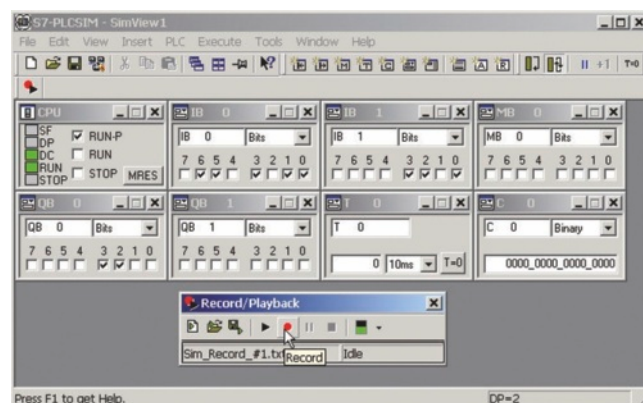
### Acoplamiento a una simulación de procesos externa

Para el acoplamiento a sistemas externos de simulación de procesos se dispone de la interfaz S7-ProSim. A través de esta interfaz se puede acceder dinámicamente a los valores del proceso. S7-ProSim se ha implementado como control ActiveX y, por ello, puede emplearse con todas las aplicaciones Windows que lo admitan (por ejemplo, Visual Basic for Applications o Excel).



S7-PLCSIM ofrece una interfaz de usuario para su acoplamiento a un simulador de procesos

En S7-PLCSIM también se pueden simular posibles fallos (por ejemplo, fallo de un bastidor) durante la prueba del programa S7 con el fin de probar el comportamiento del programa de usuario en caso de error. Con ayuda de la función Recording se puede grabar el desarrollo de la simulación para analizar los resultados de la misma en otro momento.



Recording: documentación de la simulación

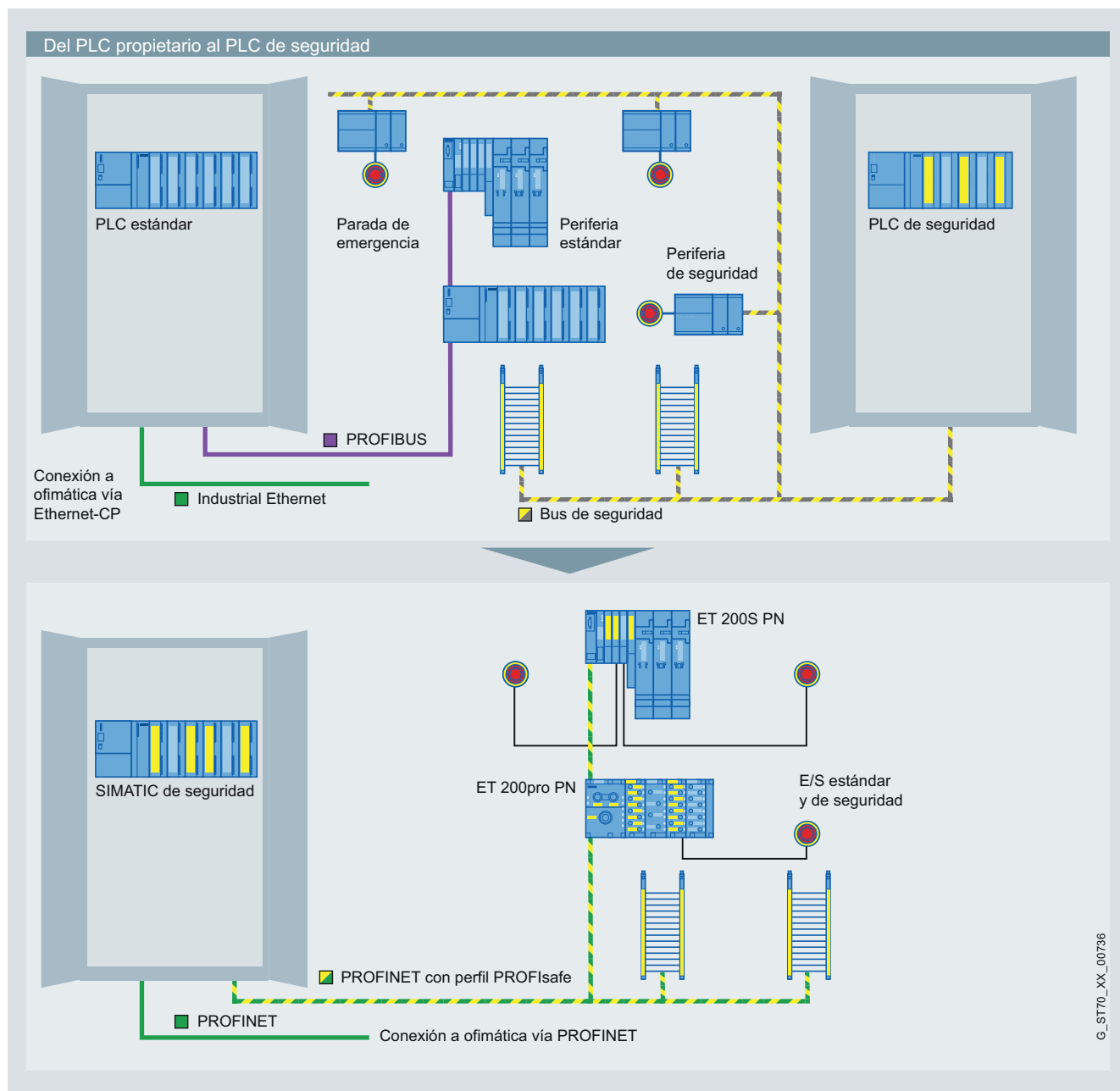
## Herramientas y funciones para tareas especiales

### Creación de programas para controladores de alta disponibilidad

Los usuarios de controladores SIMATIC de alta disponibilidad, llamados sistemas H, no necesitan software de ingeniería adicional. La funcionalidad correspondiente está integrada en STEP 7.

### Configuración de funciones de seguridad para controladores de seguridad

Los controladores de seguridad (sistemas F) asumen tanto funciones de seguridad como funciones estándar. STEP 7 se utiliza como herramienta de configuración común. El paquete de software opcional S7 Distributed Safety ayuda en la configuración de la periferia de seguridad positiva y en la configuración mediante bloques preprogramados y certificados.



Automatización estándar y de seguridad en una CPU





# Paquetes opcionales

## Para una mayor seguridad de datos y trazabilidad

La seguridad de los datos y la trazabilidad son cuestiones cada vez más importantes en muchos sectores. Las empresas que deben acatar los estrictos requisitos impuestos por la Food and Drug Administration (FDA) no son las únicas que necesitan herramientas con las que documentar la calidad de sus procesos. SIMATIC Logon y SIMATIC Version Trail son paquetes opcionales que aportan una funcionalidad adicional a STEP 7.

### SIMATIC Logon

#### Seguridad por protección de acceso

El paquete opcional SIMATIC Logon sirve para configurar derechos de acceso para proyectos y librerías en STEP 7. Si la protección de acceso está activada, se puede llevar a un protocolo de modificaciones. Así, por ejemplo, se registran:

- la activación,
- la desactivación,
- la configuración de la protección de acceso y del informe de modificaciones,
- la apertura y el cierre de proyectos y librerías, incluida la carga en el sistema de destino, así como las actividades dirigidas a modificar el estado operativo.

A las modificaciones también se les puede añadir un motivo o comentarios.

Por medio de SIMATIC Logon es posible especificar quién puede utilizar una licencia (p. ej. empleados externos) o quién puede transferir una licencia y, por tanto, está autorizado a descargarla del servidor para llevar a cabo una intervención de servicio técnico.

#### Funciones para cumplir los requisitos de la Food and Drug Association (FDA)

Con S7-Graph, S7-SCL y S7-HiGraph (STEP 7 V5.4 o superior) y en combinación con el paquete opcional SIMATIC Logon, es posible realizar funciones compatibles con el Tracking and Tracing (seguimiento y trazabilidad) exigido por la FDA:

#### Contraseña de proyecto

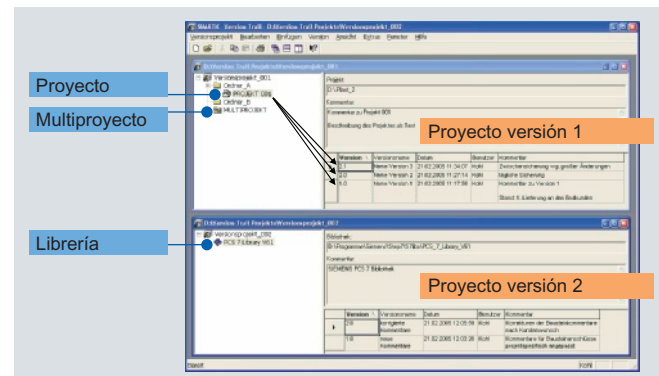
Una contraseña de proyecto permite proteger el acceso a proyectos y librerías.

#### Informe de modificaciones

La protección de acceso para proyectos y librerías puede utilizarse para elaborar un informe de modificaciones. De esta forma se registran las acciones online, como cargar, modificaciones del estado operativo o borrado general. Al ejecutar estas acciones, se exige al operador que introduzca un comentario en el informe para fundamentar su acción.

### SIMATIC Version Trail, para una gestión segura de versiones

Es inevitable que haya cambios en el programa de usuario. Y también es inevitable regresar a versiones anteriores en muchas ocasiones. SIMATIC Version Trail ayuda al usuario a marcar las versiones de forma inequívoca durante el archivado para luego poderlas identificar también de forma inequívoca. De este modo la probabilidad de error se reduce de forma considerable.



Gestión de versiones con SIMATIC Version Trail

### Version Cross Manager, para comparar versiones

¿Qué ha cambiado en detalle entre las dos versiones archivadas de un proyecto? El Version Cross Manager compara objetos y sus atributos, cuales están estructurados de manera jerárquica o pueden reproducirse en una estructura de árbol. El Version Cross Manager representa gráficamente las diferencias. Esto es necesario, por ejemplo, después de la recepción por el cliente, el TÜV o por el encargado de la FDA. Se comparan los objetos siguientes:

- Proyecto, librería, configuración del hardware
- Datos de ingeniería CFC/SFC, como esquemas, tipos, carpeta de esquemas, carpeta de bloques
- Declaraciones globales
- Programa S7, bloques S7, símbolos S7, avisos



# Interconectar y parametrizar en lugar de programar

Se dispone, asimismo, de la herramienta de ingeniería CFC (Continuous Function Chart) como paquete opcional de STEP 7, especialmente apta para tecnologías que también configuran el programa de usuario de la instalación. CFC permite implementar con un mínimo esfuerzo ajustes tecnológicos predeterminados en programas de automatización listos para ejecutar. Para ello solamente es necesario interconectar bloques preprogramados y, a continuación, parametrizarlos. No se requieren conocimientos avanzados de programación.

## CFC, para interconectar bloques

Al interconectar bloques de función (por ejemplo, Y, O, regulador PID, funciones de limitación, etc.), las funciones tecnológicas únicamente se parametrizan. Se ha eliminado la costosa programación. La elaboración de un programa por interconexión de bloques estándar es más rápida y está menos expuesta a errores que su programación. También es posible integrar bloques de función escritos con otros lenguajes de programación STEP 7. Se genera un código ejecutable casi sin más que pulsar un botón y luego se transmite online al autómatas.

La interfaz de configuración es una especie de interfaz gráfica de caracteres en la que se pueden ubicar e interconectar bloques preprogramados según los puntos de vista tecnológicos. Para ello basta con marcar las conexiones que se van a interconectar. El editor CFC determina automáticamente el enrutado de las líneas y las agrupa; también salvando los límites de hoja/esquema.

Las características estructurales siguientes aumentan la claridad:

- Esquemas CFC jerárquicos (técnica esquema en esquema): en un esquema CFC es posible incorporar otros esquemas CFC. Los esquemas incorporados se pueden modificar sin que ello afecte a los otros puntos de instalación.
- Creación de tipos de bloques: los bloques creados de forma centralizada se pueden modificar también de forma centralizada y pueden reutilizarse en cualquier lugar.
- Ampliación del tamaño de esquemas usando esquemas parciales (en total, 26 esquemas parciales)

CFC cumple estrictos requisitos durante el funcionamiento:

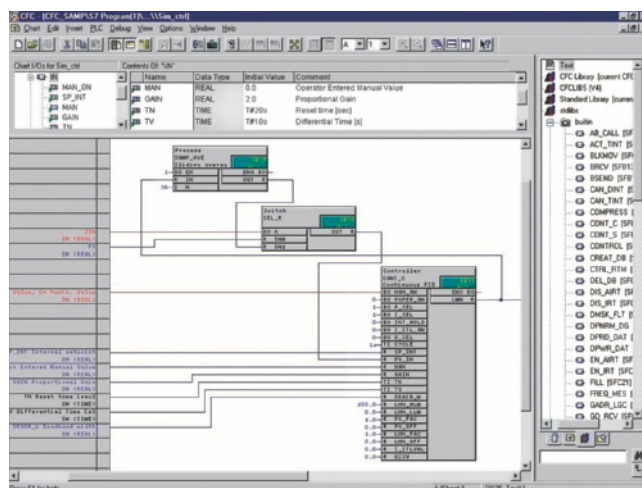
- Posibilidad de recarga online de diferencias ("deltas"). En este caso se cargan las modificaciones de configuración en el estado "RUN-P" de la CPU.
- Se puede influir en la ejecución del programa:
  - El usuario puede sobrescribir fácilmente online los valores medidos actuales.

## Librerías de bloques

En el volumen de suministro de CFC se incluye una librería con bloques programados para funciones esenciales:

- Bloques elementales: p. ej., bloques matemáticos (seno, coseno, tangente...), funciones Y, O, resta, multiplicación...
- Bloques para SIMATIC S7-300 y S7-400: p. ej. bloques de regulación, generadores de impulsos, contadores, temporizadores,...

Además, también se pueden interconectar y parametrizar, por ejemplo, los bloques de STEP 7, PCS 7 o D7-Sys. Adicionalmente se pueden elaborar bloques propios y administrarlos en librerías.



Representación de un esquema CFC con conexiones y catálogo CFC

## Paquetes opcionales para la configuración de estructuras de regulación

Hasta el momento, las tareas de regulación pequeñas y medianas a menudo se han ido implementando con reguladores autónomos. Este hardware adicional requiere espacio en el armario eléctrico y no es tan flexible. Los reguladores por software que se pueden integrar en el programa de control son una buena alternativa.

### Standard PID Control

El Standard PID Control consta de dos componentes: una herramienta de parametrización como paquete opcional para STEP 7 y bloques de función para la CPU.

#### Funciones

Se pueden implementar los tipos de regulador siguientes:

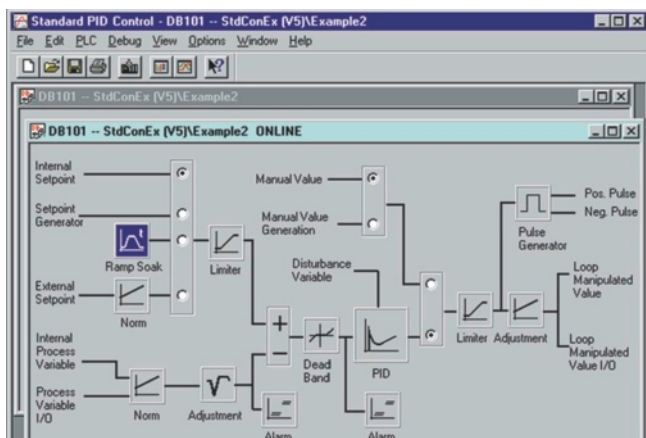
- Reguladores PID continuos, reguladores a impulsos, incluida la señal PWM (formador de impulsos), reguladores paso a paso.

Las estructuras de regulador que se necesitan con frecuencia están incluidas en el volumen de suministro como ejemplos de aplicación en forma de bloques de función:

- Regulador paso a paso con simulación de proceso regulado, regulador continuo con simulación de proceso regulado, regulación multilazo, regulación de mezcla, regulación en cascada.

#### Parametrización

La clara estructura de regulador permite conectar y desconectar funciones de una forma sencilla mediante interruptores software. A través de la interfaz de parametrización se pueden modificar parámetros incluso durante el estado RUN de la CPU.



Standard PID Regelung

### Modular PID Control

Independientemente del alcance de un regulador, el requisito suele ser ahorrar espacio en memoria. La escalabilidad y la flexibilidad pueden conseguirse con soluciones modulares. El Modular PID Control es idóneo para diseñar estructuras de regulación modulares en base a elementos preprogramados.

El Modular PID Control consta de dos componentes: una herramienta de parametrización opcional para STEP 7 y bloques de regulación para la CPU.

Los campos de aplicación principales de Modular PID Control son instalaciones de procesos con altas exigencias en materia de regulación.

#### Funciones

Se pueden implementar los tipos de regulador siguientes:

- Reguladores PID continuos, reguladores a impulsos, reguladores paso a paso.

En el volumen de suministro están incluidos los siguientes ejemplos terminados:

- Reguladores con consigna fija con diferentes salidas, reguladores monolazo y multilazo de relación, reguladores de mezcla, reguladores en cascada, reguladores con control anticipativo y acción anticipativa, reguladores de selección de zonas, reguladores de transición (override), reguladores multivariables.

Los bloques se pueden interconectar con STEP 7, con SCL y, de forma especialmente cómoda, con CFC. Pueden alcanzarse tiempos de muestreo inferiores a 5 ms.

### PID Self-Tuner

PID Self-Tuner es un bloque de función con el que el regulador PID o el regulador PI se pueden ajustar online y adaptar durante el funcionamiento. PID Self-Tuner es adecuado sobre todo para la optimización de lazos de regulación de temperatura, nivel y caudal.



## S7-PDIAG y ProAgent, para un eficaz diagnóstico del proceso

Los equipos SIMATIC HMI (Human Machine Interface) muestran automáticamente los fallos dentro de los sistemas de automatización como diagnóstico del sistema. Para ello no se precisa trabajo de configuración expreso. El 80% de las anomalías que ocurren durante el funcionamiento son fallos de proceso. Su diagnóstico es específico de la instalación, por lo que no puede integrarse en el hardware o en el firmware del control y debe ser programado. Para que el trabajo necesario no resulte excesivo, se recomienda el uso de herramientas de diagnóstico.<sup>1)</sup>

### Creación convencional del diagnóstico del proceso

Las funciones de diagnóstico del proceso se programan complementando al programa de control propiamente dicho. Además, se deben crear los correspondientes avisos de fallo para los equipos de visualización. El código de programa asociado puede alcanzar fácilmente el volumen del programa de control. Por otro lado, si se modifica el programa de control, por regla general será necesario reprogramar las funciones de vigilancia.

### Diagnóstico de proceso en SIMATIC

Los trabajos y gastos de elaboración pueden reducirse considerablemente empleando las herramientas de diagnóstico SIMATIC.

- Fácil configuración  
El diagnóstico del proceso se configura en un solo paso simultáneamente a la programación de la solución de auto-

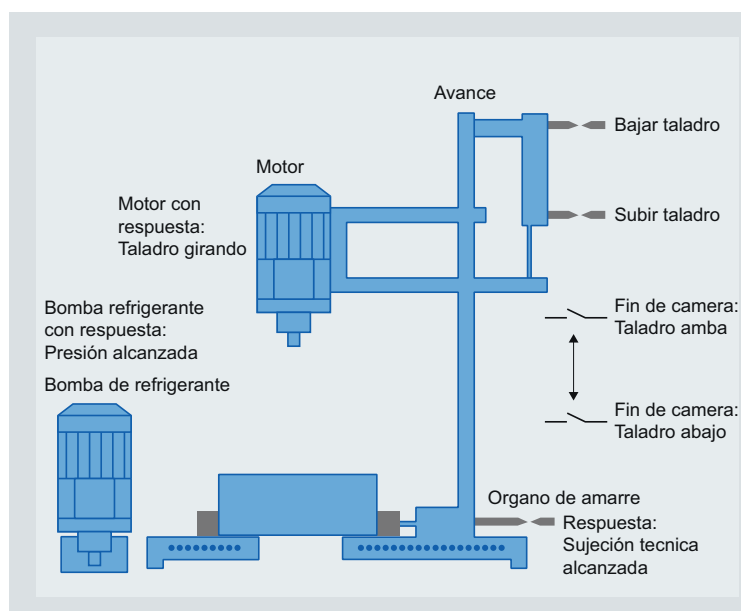
<sup>1)</sup> Para el diagnóstico del sistema, ver también la página 12

matización y es muy simple. Las variables que se deben vigilar se marcan. Luego sólo resta definir el estado anómalo y añadirle un comentario; eso es todo.

- Gestión automática de las modificaciones  
Si se modifican las funciones de control, se modifican automáticamente las funciones de vigilancia.

El diagnóstico del proceso apoya el mantenimiento encargado de eliminar fallos y prevenirlos:

- Cómodo análisis de criterios  
Si aparece un fallo, se puede visualizar exactamente qué resultado lógico o criterios del segmento han provocado el mismo. Para este análisis de criterios no se precisa ninguna programadora. Se realiza en el equipo HMI y acelera de forma considerable la detección y la eliminación de fallos. Si no se utilizan las herramientas de diagnóstico SIMATIC, disminuye en gran medida la eficiencia y la calidad del análisis de criterios.
- Mantenimiento proactivo  
Dentro del marco de un mantenimiento proactivo es posible detectar e interpretar a tiempo posibles deficiencias en el desarrollo del proceso. De esta forma se evitan averías. Así, por ejemplo, el desgaste de una herramienta se anuncia ya porque aumentan determinadas fuerzas. El diagnóstico del proceso permite vigilar dichas fuerzas, lo que ofrece la posibilidad de tener disponible y sustituir a tiempo la herramienta.



### Ejemplo de vigilancia de movimientos

¿El taladro alcanza el final de carrera "Taladradora abajo" en el tiempo previsto? En caso de avería pueden visualizarse diferentes causas; por ejemplo:

- "Avance no activado" (¿motor defectuoso?),
- "No es posible partir del final de carrera" (¿bloqueo mecánico?).

### Ejemplo de vigilancia general

¿El motor de la taladradora arranca con la orden de marcha? En caso de avería se visualiza qué requisito no se ha cumplido para el arranque del motor de la taladradora; por ejemplo:

- "Consigna o dispositivo de amarre no alcanzados" o
- "Presión de refrigerante insuficiente".

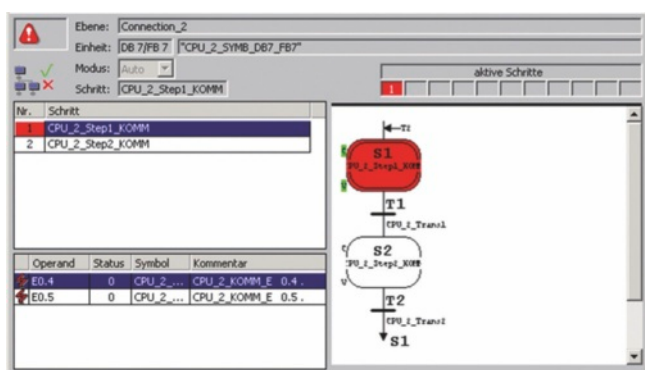
Como consecuencia puede repararse puntualmente la unidad adecuada.

G\_ST70\_XX\_00737

## Herramientas de diagnóstico SIMATIC

- **SIMATIC S7-PDIAG**  
Para la configuración de la vigilancia de señales para el diagnóstico del proceso. S7-PDIAG se carga adicionalmente a STEP 7 e incorpora las funciones necesarias en el editor. S7-PDIAG permite configurar avisos directamente en STEP 7, lo que elimina cualquier trabajo en el HMI.
- **SIMATIC ProAgent**  
Software runtime para la visualización de avisos de fallo de proceso en un equipo HMI. Los avisos se muestran en ventanas estándar.

S7-PDIAG y ProAgent sincronizan automáticamente sus datos en runtime.



## Diagnóstico de proceso con Herramientas de Ingeniería SIMATIC

También se pueden configurar vigilancias de señales también en las herramientas de ingeniería S7-GRAPH para la programación gráfica secuencial y S7-HiGraph para la configuración gráfica de grafos de estado. Las anteriores ya tienen integrada la correspondiente funcionalidad de diagnóstico del proceso.

### Vigilancia del proceso con S7-PDIAG

S7-PDIAG permite vigilar operandos booleanos para detectar posibles errores. Para éstos es posible configurar definiciones de error durante o tras la programación en KOP/FUP/AWL. Para la vigilancia de señales se ofrecen las opciones siguientes:

#### Vigilancia de operandos

Se vigila un posible cambio de nivel o flanco, dado el caso con una temporización. La vigilancia de operandos puede ejecutarse sin necesidad de modificar o adaptar el programa de usuario.

#### Vigilancia de movimientos

En este caso se vigila si, por ejemplo, se ejecutan movimientos mecánicos en el proceso de forma correcta y en el tiempo previsto.

#### Vigilancia general

En este caso los fallos se definen por combinación lógica de diferentes operandos. Esta definición se realiza describiendo la

lógica de vigilancia; no se requiere programación expresa. Sólo cuando se cumple la condición lógica de vigilancia se emite un aviso de fallo. La definición del fallo no tiene ningún efecto sobre el programa de usuario. No es necesario retocar nada.

### Detección y visualización de fallos en el equipo HMI

Para detectar fallos, en el programa de usuario se comparan los valores reales y de consigna de las señales de proceso. Si se reconoce un fallo se envía el texto de aviso configurado, etiquetado con fecha y hora, a todos los equipos de visualización conectados.

Los fallos de proceso se visualizan con SIMATIC ProAgent para WinCC o WinCC flexible. Todos los textos, símbolos y direcciones necesarios para la visualización del fallo se toman automáticamente del programa del controlador. La representación gráfica de las cadenas secuenciales permite disfrutar de una vista sinóptica óptima. No se requiere configuración expresa independiente.

### Sumar a una aplicación diagnóstico del proceso

El diagnóstico del proceso puede añadirse sin problemas a proyectos STEP 7 ya existentes. Para ello basta con cargar los paquetes opcionales correspondientes. Con ello se marcan los operandos a vigilar, se configuran las definiciones de fallos y se carga el conjunto. Por regla general para ello no es necesario intervenir en el programa de usuario.

### Mayor disponibilidad sin gran esfuerzo

Creación convencional del diagnóstico del proceso:

- Programación: si..., entonces...  
(el programa de diagnóstico puede ser muy voluminoso y requerir modificación en caso de cambios en el programa de usuario).
- Configuración de avisos de fallo.

Diagnóstico de proceso en SIMATIC:

- Los avisos de diagnóstico se asignan a las variables del programa de usuario.
- El sistema HMI los adopta y los modifica automáticamente en caso de modificar el programa.

Los beneficios:

- Reducción considerable del trabajo requerido.
- Asignación unívoca de estados anómalos, lo que reduce la probabilidad de fallos.
- Reducción significativa de los requisitos de espacio de memoria.

## Telemantenimiento y conexión remota vía TeleService

Cada vez con mayor frecuencia se utilizan máquinas e instalaciones situadas en lugares alejados del lugar de creación. Sin embargo, los constructores de las instalaciones deben poder asegurar el servicio técnico en caso de avería. Es sobre todo en el período de garantía cuando esto puede generar elevados costes. TeleService contribuye a reducir el riesgo de una forma considerable.

### A destacar

- Reducción de los tiempos de reacción para el servicio técnico
- Esto permite reducir hasta un 60% las intervenciones in situ del servicio técnico
- Solución sencilla y manejable, adaptada a la automatización industrial
- Compatibilidad con los servicios específicos de SIMATIC
- Compatibilidad con las redes analógicas PROFIBUS y Ethernet

Las posibilidades de aplicación del TeleService son múltiples. A través de una línea telefónica se puede realizar el diagnóstico de instalaciones, ajustar valores e incluso transferir datos desde cualquier lugar del mundo.

TeleService contribuye enormemente al ahorro de gastos de desplazamiento y de personal del Servicio técnico y, en consecuencia, es desde hace tiempo una herramienta estándar en automatización.

SIMATIC TeleService está formado por los siguientes componentes coordinados entre sí:

- TeleService Adapter con módem analógico o RDSI integrado e interfaz serie para módem externo, p. ej., módem por radiofrecuencia.
- Software TeleService con una gestión de los datos de acceso, mediante la que puede establecerse cómodamente una conexión con los componentes de automatización.
- Bloques de función para telemantenimiento, enlace remoto, alarma vía SMS o fax.

### Campo de aplicación

#### Telemantenimiento

Para realizar el telemantenimiento el técnico establece una conexión telefónica con una instalación remota. Con STEP 7 se pueden leer informaciones de estado o realizar correcciones en el programa de usuario por telemantenimiento.

#### Conexión remota

El enlace remoto consiste en transferir datos a través de la red telefónica. TeleService admite el establecimiento de la conexión controlado por programa entre la PG o el PC y el sistema de automatización. También se puede coordinar el intercambio de datos de proceso entre varios sistemas de automatización.

Existen tres clases de enlace remoto:

- Enlace remoto iniciado por una PG o un PC con una instalación, por ejemplo, para la transferencia de recetas a una planta remota o de archivos de proceso o de planta para el análisis o el procesamiento en una central.
- Enlace remoto iniciado por la instalación con una PG o un PC.
- Enlace remoto entre dos instalaciones para el intercambio de datos de proceso.



TeleService Adapter con módem integrado

#### Envío de un SMS o correo electrónico desde una instalación

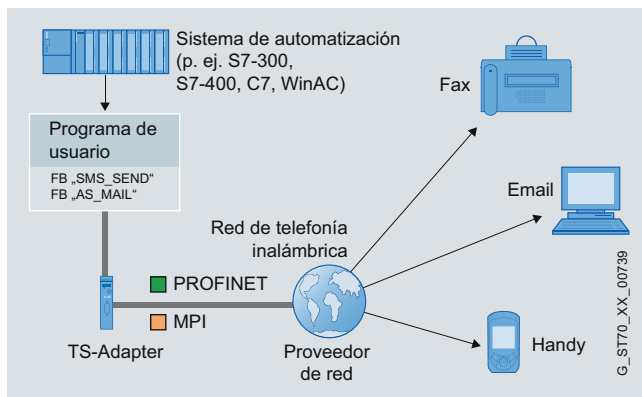
Esta función ofrece la posibilidad de enviar avisos por mensaje SMS desde una instalación a un teléfono móvil. TeleService también puede enviar los SMS a un proveedor que reenvíe luego el aviso por fax o correo electrónico. Con el TeleService Adapter IE es posible enviar directamente correos electrónicos.

### Acceso remoto al equipo HMI

El TeleService Adapter IE permite acceder a un equipo HMI para labores de mantenimiento. Para el manejo y visualización se requiere WinCC flexible con Sm@rtService/Sm@rtAccess. Se utiliza Internet Explorer o la opción SmartClient.

### NUEVO TeleService Adapter IE Basic

La nueva generación de SIMATIC TeleService se basa en componentes plenamente compatibles entre sí: TS Adapter IE Basic y TS Modul. Gracias a su diseño modular, se puede utilizar con distintas redes de comunicación y distintos tipos de conexión. Para tal finalidad existen 4 módulos TS diferentes: módem (red telefónica analógica), RDSI (red telefónica digital), GSM (red móvil) y RS232 (para módem externo). El nuevo software de TeleService está plenamente integrado en STEP 7 Professional V11, y el usuario puede utilizarlo sin necesidad de adquirir ningún paquete de opciones suplementario y sin costes adicionales. Además, la nueva ingeniería soporta las versiones de TeleService anteriores.



Envío directo de un SMS, un correo electrónico o un fax

### Enlaces de bus compatibles

Adapter	TeleService Adapter II		TeleService Adapter IE		TeleService Adapter IE Basic			
	Analógica	RDSI	Analógica	RDSI	Analógica	RDSI	GSM	RS232
MPI	●	●						
Profibus	●	●						
PPI	●	●						
PROFINET			●	●	●	●	●	●
Industrial Ethernet			●	●	●	●	●	●

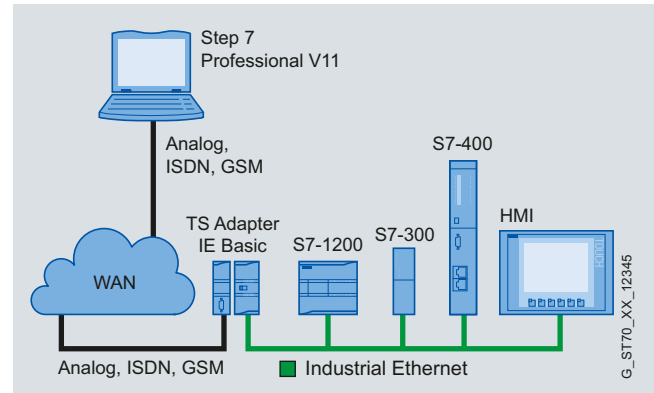
### Funciones

Adapter	TeleService Adapter II	TeleService Adapter IE	TeleService Adapter IE Basic
<b>Telemantenimiento</b>			
Telemantenimiento hasta la CPU	●	●	●
Telemantenimiento y manejo hasta el HMI		●	●
<b>Conexión remota</b>			
Controlador-controlador	●		
Controlador-PG/PC	●		
<b>Envío de mensajes</b>			
SMS	●	*	*
Correo electrónico	**	●	●

\* Mediante e-mail externo a la pasarela SMS \*\* Mediante SMS externo a la pasarela e-mail

### Seguridad frente a accesos no autorizados

- Acceso marcando (Dial-In).
- Inicio de sesión de usuario mediante CHAP.
- Permite la devolución de llamada.
- En el TeleService Adapter IE, un firewall garantiza que sólo se realice el enrutamiento de los servicios específicos de SIMATIC.



Configuración del sistema para telemantenimiento. En la instalación no se requiere ninguna PG ni PC. La conexión se realiza directamente a PROFINET. El enrutamiento permite un acceso más allá de los límites de la red.

# NUEVO Totally Integrated Automation Portal

## Framework de ingeniería homogéneo para Totally Integrated Automation

Para la ingeniería de un sistema de automatización se han popularizado varias herramientas de configuración. Gracias al framework de ingeniería que ofrece el portal de Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) prácticamente desaparecen las fronteras entre estos productos de software. En el futuro, este framework será la base de todos los sistemas de ingeniería para la configuración, programación y puesta en marcha de autómatas/controladores (PLC) y accionamientos incluidos en la gama Totally Integrated Automation.

### Framework para una ingeniería más eficiente

#### Apariencia homogénea

El framework de ingeniería común en el que están integrados los productos de software unifica todas las funciones comunes, incluso en lo relativo a su representación en la pantalla. La unificación del manejo de distintos editores facilita la tarea de aprendizaje y permite al usuario concentrarse en lo esencial de su trabajo.

#### Inteligencia integrada

Editores inteligentes muestran de modo contextualizado justo lo que el usuario necesita en el momento para la tarea que esté realizando: funciones, propiedades, librerías, etc. El método de la pantalla partida permite tener abiertos varios editores a la vez e intercambiar datos entre ellos. Este intercambio de datos se ejecuta con facilidad mediante la función "Arrastrar y colocar".

#### Máxima transparencia de los datos

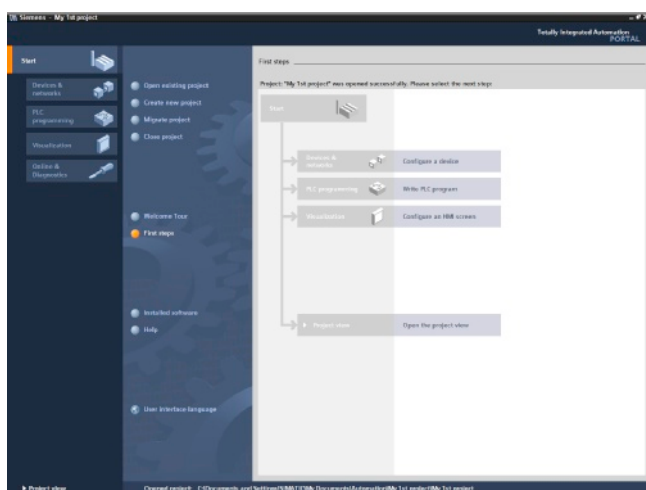
Sólo es necesario introducir una vez los datos cuando se utilizan en distintos editores y para sistemas de destino diferentes. Gracias a la gestión de datos centralizada y orientada al objeto que ofrece el TIA Portal, los datos de aplicación modificados se actualizan automáticamente para todos los equipos (PLC y HMI) implicados en el proyecto. La base de datos compartida garantiza una consistencia absoluta en todo el proyecto de automatización. Así se reduce la probabilidad de que aparezcan errores y se crean proyectos transparentes y compactos.

#### Soluciones reutilizables

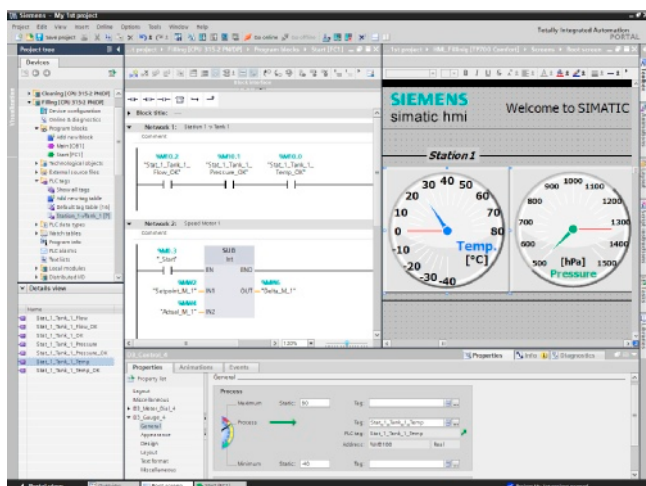
En librerías claramente estructuradas se administran bloques de programa y faceplates incluidos en el suministro o creados por el propio usuario, así como equipos y módulos ya configurados. Estos datos se pueden reutilizar en todo momento, ya sea dentro de un proyecto, en librerías locales o en las librerías globales para todos los proyectos. La posibilidad de modificar los bloques a nivel centralizado garantiza la consistencia de los datos.

En el TIA Portal también se pueden reutilizar bloques o proyectos enteros, creados con versiones anteriores de los productos de software integrados en el TIA Portal.

La reutilización reduce el trabajo de ingeniería y, al mismo tiempo, incrementa la calidad del sistema de automatización.



Clara guía del operador desde la interfaz de usuario



Perfecta interacción entre STEP 7 y WinCC

## SIMATIC STEP 7 V11, el nuevo sistema de ingeniería para todos los controladores SIMATIC

La versión actual del software para controladores SIMATIC, STEP 7 V11, dispone de una interfaz de usuario que, según los estudios de usabilidad más recientes, ha sido optimizada para garantizar la mayor comodidad posible del usuario.

Y, además: STEP 7 V11 es parte integrante del framework de ingeniería central del TIA Portal. Con la integración total en el framework de ingeniería central del TIA Portal, SIMATIC STEP 7 V11 ofrece un concepto de manejo homogéneo para todas las tareas de automatización con servicios comunes (p. ej. configuración, comunicación y diagnóstico) y la consistencia automática de los datos.

Lo más destacado de STEP 7 V11:

- Editores de programación actualizados y eficientes, como S7-SCL, S7-GRAPH\*, KOP, FUP y AWL\*, hacen posible una programación intuitiva.
- Compilador SCL optimizado para S7-300/400
- SCL como tercer lenguaje de programación para S7-1200
- Funcionalidad Safety como paquete opcional integrable para STEP 7 Professional V11. Es decir: ingeniería intuitiva y concepto de manejo unificado para programas estándar y de seguridad.

STEP 7 V11 se ofrece en dos versiones:

- **SIMATIC STEP 7 Basic V11:** Ingeniería compartida por los microcontroladores SIMATIC S7-1200 y los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels  
Con STEP 7 Basic se pueden configurar y programar los microcontroladores SIMATIC S7-1200. SIMATIC WinCC Basic es parte integrante del suministro y permite realizar tareas de visualización sencillas con los SIMATIC Basic Panels.
- **STEP 7 Professional,** ingeniería para todos los controladores SIMATIC  
STEP 7 Professional sirve para configurar y programar los controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400 y WinAC, nuestra solución para control basado en PC. El suministro también incluye SIMATIC WinCC Basic para realizar tareas de visualización sencillas con los SIMATIC Basic Panels. La librería de bloques adjunta contiene una serie de funciones tecnológicas entre las que figura una regulación PID sencilla.  
Los paquetes opcionales SCL, GRAPH, PLCSim, DocPro y TeleService, ya conocidos de STEP 7 V5.5, en STEP 7 Professional V11 ya están integrados y no requieren licencia adicional. Quien opte por el servicio de actualización del software para STEP 7 Professional recibirá automáticamente SIMATIC STEP 7 Professional V11.

## Opciones para STEP 7 Professional V11

Los paquetes opcionales disponibles son:

- STEP 7 Safety V11 para controladores SIMATIC de seguridad
- PID Professional V11, un paquete para configurar reguladores que reúne las funciones de lo que hasta ahora eran las opciones Standard PID Control y Modular PID Control.
- Easy Motion Control

## SIMATIC WinCC V11, un software para HMI y SCADA

El programa de paneles SIMATIC HMI abarca desde Basic Panels, que ofrecen una funcionalidad básica para tareas de visualización de poca envergadura, hasta Panel PC, con los que también se pueden resolver tareas SCADA, sin olvidar los Mobile Panels y Multi Panels de alto rendimiento.

Todos los paneles SIMATIC se pueden configurar en el TIA Portal con ayuda de SIMATIC WinCC V11. WinCC V11 ofrece un sistema de ingeniería homogéneo que abarca desde tareas HMI sencillas hasta aplicaciones SCADA. Una oferta escalable de paquetes garantiza una excelente relación precio-rendimiento, optimizada para cada sistema de destino y cada tarea. Al igual que con STEP 7, en este caso también se garantiza la compatibilidad ascendente, por lo que es posible cambiar a una versión superior en todo momento.

\* AWL y S7-GRAPH no están disponibles para S7-1200.



# Programadoras

## SIMATIC Field PG M3, el PC portátil industrial potente y robusto

Para configurar y programar con el software SIMATIC para controladores, la primera elección básica de hardware son las programadoras SIMATIC. La programadora SIMATIC Field PG M3 destaca por su tecnología inalámbrica, un potente procesador Intel Core i5 y una pantalla Widescreen de 15,6". Además, la nueva unidad dispone de una batería de larga autonomía, una memoria RAM de gran capacidad, interfaces SIMATIC y todas las interfaces habituales para aplicaciones industriales.

Otra ventaja decisiva de SIMATIC Field PG M3 es su robustez y el software SIMATIC ya instalado. Después de la adjudicación de las licencias, la programadora puede utilizarse inmediatamente de forma productiva.

### Robustez

- La resistente caja de fundición inyectada de magnesio y las placas antichoque de los cantos de la caja protegen la Field PG M3 de las sacudidas y de las vibraciones. La más moderna tecnología del material garantiza un reducido consumo de energía en la fabricación de la caja.
- El asa de transporte estable y ergonómico ofrece un agarre seguro al transportarla por la nave industrial.
- Las piezas de plástico metalizadas de la parte interior de la caja ofrecen protección frente a campos electromagnéticos, de una forma comparable a una jaula de Faraday (probada para compatibilidad electromagnética e inmunidad a interferencias).
- El teclado es ergonómico, con rotulación por láser resistente al desgaste.

### Interfaces

- Están integradas todas las interfaces habituales para aplicaciones industriales.
- 5 puertos USB 2.0 high current
- Bluetooth e IWLAN basada en las normativas WLAN 802.11 a, b, g y n, que permiten una comunicación segura y sin cables con los autómatas.
- 2 puertos Industrial Ethernet con elevado volumen de transmisión de datos (10 Mbits, 100 Mbits, 1 000 Mbits)
- Interfaz gráfica DVI-I

### Componentes de hardware

- El procesador Intel Core i5 ofrece elevadas prestaciones aünadas con bajo consumo.
- La batería de iones de litio alimenta la Field PG M3 durante más de tres horas.
- La pantalla Widescreen de 15,6" y alta resolución, en formato de 16:9 (HD Ready o Full HD), no cansa la vista e incrementa la ergonomía en el trabajo.
- La memoria de trabajo de alto rendimiento (3 ó 2 Gbytes, DDR3, 1 066 MHz) permite una rápida ejecución y el procesamiento paralelo de varias aplicaciones.
- El disco duro intercambiable de 250 ó 500 Gbytes se puede sustituir fácilmente en función del entorno y de la versión de software necesaria.
- El LED de estado se puede leer incluso con la tapa del equipo cerrada.

### Software

- Un sistema de backup homogéneo con SIMATIC IPC Image & Partition Creator (opción) puede crear una copia de seguridad automática en ciclos ajustables y, en caso necesario, permite restaurar con facilidad la información guardada.
- Sistemas operativos:
  - Windows XP Professional (32 bits), Windows 7 Ultimate (32 bits)
- Software SIMATIC, ya instalado y habilitable mediante clave de licencia (License Key):
  - STEP 7 Basic, STEP 7 Professional, STEP 7 Micro/Win, WinCC flexible Advanced, opcional STEP 5
- Cada Field PG M3 se entrega en forma estándar con una licencia de evaluación para el software que lleva instalado. La clase y el alcance de las demás licencias pueden seleccionarse al adquirir el equipo.



Encontrará información actualizada sobre las programadoras SIMATIC en: [www.siemens.com/simatic-pg](http://www.siemens.com/simatic-pg)

# Complementos

## Software SIMATIC para otras tareas de ingeniería

SIMATIC ofrece productos y sistemas para la mayor parte de las tareas de automatización. Soluciones de software a medida ayudan en todas las fases del flujo de trabajo de ingeniería, desde la ingeniería al servicio técnico y el mantenimiento.

Encontrará folletos sobre otros productos y sistemas SIMATIC en [www.siemens.de/simatic/druckschriften](http://www.siemens.de/simatic/druckschriften)

## SIMATIC Manual Collection

SIMATIC Manual Collection es una recopilación de todos los manuales SIMATIC en DVD. Le ofrece la posibilidad de informarse en detalle antes de efectuar la compra. Para trabajar con SIMATIC, puede utilizar el servicio de actualización (Update Service), el cual le permite disponer siempre de la versión más actual de todos los manuales relevantes.

## My Documentation Manager

My Documentation Manager ofrece la posibilidad de recopilar su propia documentación partiendo de los manuales disponibles.

Con My Documentation Manager podrá crear y administrar sus propias recopilaciones en una estructura personalizada.

Así, por ejemplo, la documentación recopilada en un determinado idioma podrá emitirla automáticamente en otro de los idiomas disponibles.

[www.siemens.com/automation/support](http://www.siemens.com/automation/support)

## CAX: datos de los productos SIMATIC en formato electrónico

La transferencia automática de datos de y a herramientas de diseño ahorra tiempo, minimiza posibles fuentes de error y permite la confluencia de las disciplinas de ingeniería eléctrica y automatización. Los datos técnicos según la norma de componentes ECAD y los datos comerciales, así como los planos acotados de los controladores SIMATIC y de la periferia descentralizada se pueden descargar de Internet.

[www.siemens.com/automation/bilddb](http://www.siemens.com/automation/bilddb) o  
[www.siemens.com/automation/support](http://www.siemens.com/automation/support) (→ my Support)

## Adjudicación de licencias orientada a la aplicación

El modelo de licencia para el software SIMATIC ofrece una solución a medida para cualquier caso de aplicación:

### Trial License, la licencia para probar el software

- Por tiempo limitado (14 días)
- Para fines de prueba y evaluación

### Floating License, la licencia por usuario

- Habilita a un usuario cualquiera
- Independientemente de la cantidad de instalaciones

### Single License, la licencia por instalación

- Habilita una instalación

Tipos de software	Software de ingeniería		Software runtime
¿A qué se concede la licencia?	Usuario	Instalación	Instalación
Tipos de licencia	Floating License	Trial License	Single License

Dentro del **software de ingeniería** se encuentran todos los productos de software para la creación de software de usuario, p. ej. la configuración y la programación.

El término **software Runtime** designa los productos de software necesarios para el funcionamiento de la instalación, p. ej. sistema operativo, sistema básico, ampliaciones de sistema.

## Siempre a la última con el Software Update Service

El Software SIMATIC se desarrolla y perfecciona constantemente. El servicio de actualización de software es la opción más cómoda para aprovechar estas mejoras de una forma consecuente.

Garantiza el envío automático de todas las versiones nuevas de software que se emitan después de solicitar el servicio de actualización de software. Gracias a ello, siempre dispondrá de las versiones más recientes de software.



## Más información

Características del sistema:

[www.siemens.com/simatic-gn](http://www.siemens.com/simatic-gn)

Manuales SIMATIC Guide:

[www.siemens.com/simatic-do](http://www.siemens.com/simatic-do)

Material informativo para descargar:

[www.siemens.com/simatic/df](http://www.siemens.com/simatic/df)

Servicio técnico y asistencia:

[www.siemens.com/automation/support](http://www.siemens.com/automation/support)

Personas de contacto para SIMATIC:

[www.siemens.com/automation/partner](http://www.siemens.com/automation/partner)

Industry Mall, el sistema para pedido por internet:

[www.siemens.com/industry/industrymall](http://www.siemens.com/industry/industrymall)

Siemens AG  
Industry Sector  
Industrial Automation Systems  
Postfach 48 48  
90026 NÜRNBERG  
ALEMANIA

Sujeto a cambios sin previo aviso  
Referencia: 6ZB5310-0MM04-0BA8  
3P.8301.17.04 / Dispo 26100  
BR 0211 1. ROT 28 Es  
Printed in Germany  
© Siemens AG 2011

Este folleto contiene descripciones o prestaciones que en el caso de aplicación concreta pueden no coincidir exactamente con lo descrito, o bien haber sido modificadas como consecuencia de un ulterior desarrollo del producto. Por ello, la presencia de las prestaciones deseadas sólo será vinculante si se ha estipulado expresamente al concluir el contrato. Reservada la posibilidad de suministro y modificaciones técnicas.

Todos los nombres de productos pueden ser marcas registradas o nombres protegidos de Siemens AG u otras empresas proveedoras cuyas cuyo uso por terceros para sus fines puede violar los derechos de sus titulares.